

Teoría del fuego



3. COMBUSTIONES

3.1. DEFINICIÓN Y NORMATIVA APLICADA

La **combustión** es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de puntos en forma de calor y luz, que se manifiesta visualmente por el fuego.

Como ya se ha comentado, la norma **UNE 23026** define combustión como una reacción exotérmica de una sustancia combustible con un oxidante, fenómeno generalmente acompañado de una emisión lumínica en forma de llamas o de incandescencia con desprendimiento de humos y de productos volátiles.

Existen otras definiciones de combustión. Por ejemplo, la norma sobre calidad y gestión de la calidad **ISO 13943** define la combustión como una reacción exotérmica de una sustancia con la participación de un oxidante, que generalmente emite efluentes acompañados de llamas y/o luz visible.

Los tipos más frecuentes de combustible son las materias orgánicas que contienen carbono e hidrógeno.

En una reacción completa todos los elementos que forman el combustible se oxidan completamente. Los productos

que se forman son el dióxido de carbono (CO_2), el agua, el dióxido de azufre (SO_2) (sólo si el combustible contiene azufre) y, en ocasiones, óxidos de nitrógeno (NO_x), en función de la temperatura, la cantidad de oxígeno en la reacción y, sobre todo, la presión.

En la combustión incompleta, debido a que el comburente y el combustible no están en la proporción adecuada, los productos que se queman pueden no reaccionar con el mayor estado de oxidación y dar como resultado compuestos como el monóxido de carbono (CO). Además, puede generarse carbón.

Las principales características de la combustión son las siguientes:

- Es un proceso químico de oxidación-reducción (reactivos \rightarrow productos).
- Generalmente de cinética rápida.
- De carácter fuertemente exotérmico.
- La velocidad de la reacción determina la cantidad de calor producida.
- Se trata de una reacción autoalimentada (cuando hay reacción en cadena).
- Los reactivos se llaman combustible y comburente.

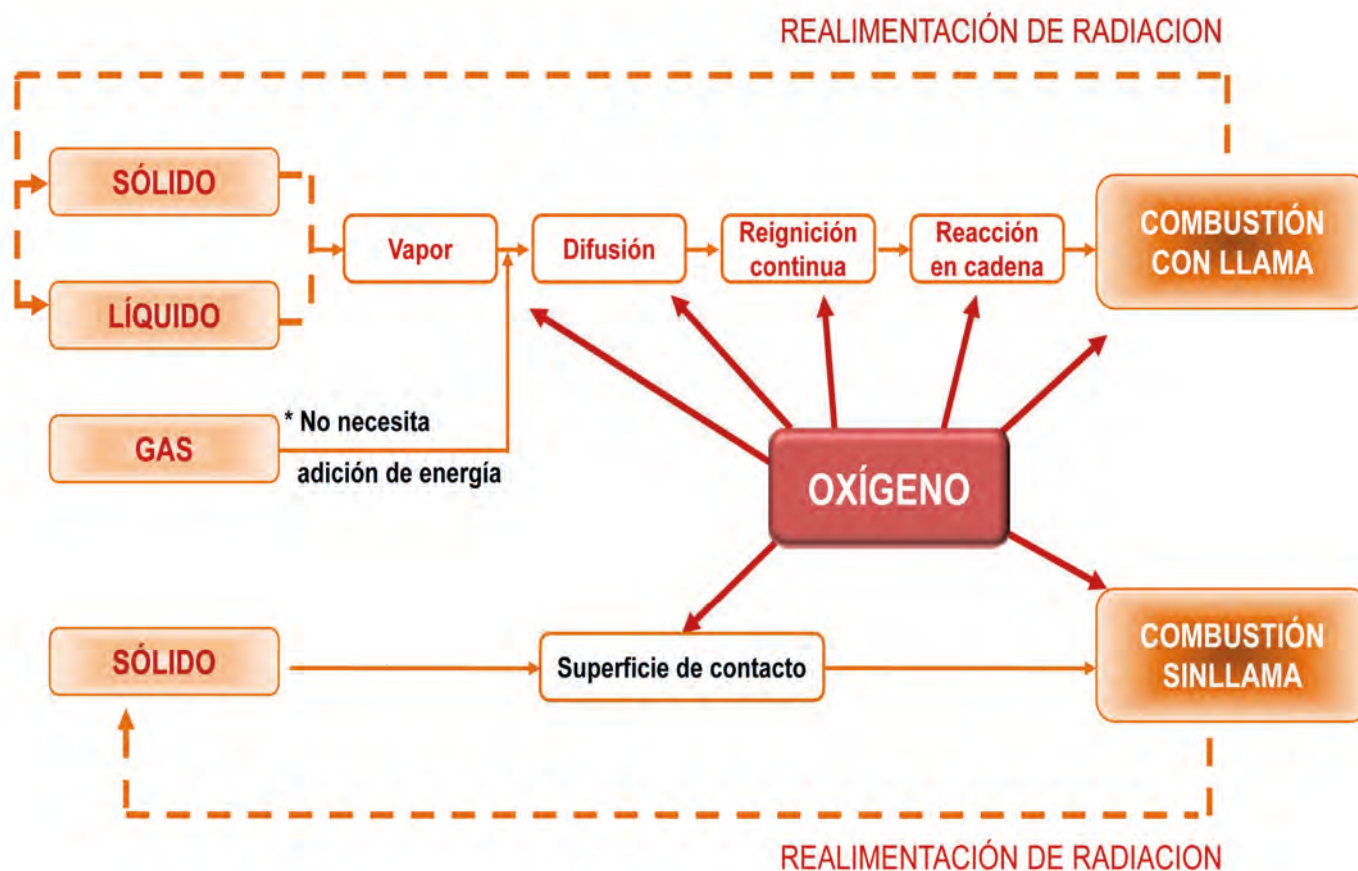


Imagen 9. Esquema combustión

- Los productos obtenidos son calor, humo, gases de combustión y radiación luminosa (no tiene por qué haber llamas).
- El comburente (oxidante) suele ser oxígeno atmosférico.
- El combustible (reductor) puede estar en fase sólida, líquida y/o gaseosa.
- La combustión en fase sólida generalmente produce incandescencia.
- La combustión en fase líquida o gaseosa generalmente produce una llama visible.
- Los dos modos de combustión (con y sin llama) pueden tener lugar separada o conjuntamente.

3.2. TIPOS DE COMBUSTIONES

Existen dos tipos principales de combustiones:

- Combustiones de aportación
- Combustiones de propagación

3.2.1. COMBUSTIONES DE APORTACIÓN

Las combustiones de aportación son aquellas en las que la masa reactiva se va incorporando al frente de reacción. Se dividen en:

- Combustión con llama
- Combustión latente
- Combustión incandescente
- Combustión espontánea

a) Combustión con llama

Es una combustión que se desarrolla íntegramente en **fase gaseosa** y que produce **calor, luz y gases**.

La combustión con llama se representa con un tetraedro en el que cada uno de sus lados corresponde a cada uno de los cuatro requisitos básicos. Se describe en detalle en el apartado "Triángulo y tetraedro del fuego".

b) Combustión latente

Es una reacción exotérmica de oxidación lenta en la que no se aprecia luz y generalmente se revela por un aumento de la temperatura o por humo. Produce calor, no tiene llama y se propaga en combustibles porosos.

La norma **ISO 13943** la define como aquella combustión de un material sin presencia de llama o luz visible.

Muchos materiales pueden sufrir una combustión latente, como por ejemplo el carbón, la celulosa, la madera, el algodón, el tabaco, la turba, el humus, los jabones sintéticos, los polímeros carbonizados (incluida la espuma de poliuretano) y algunos tipos de polvo.

c) Combustión incandescente

Es una combustión sin llama, con emisión de luz visible y que produce calor y luz. Tiene manifestación visible en forma de ascuas.

La norma **ISO 13943** la define como una combustión de un material en fase sólida, sin llama pero con emisión de luz desde la zona de combustión.

d) Combustión espontánea

Es aquella combustión que se inicia sin aporte de calor externo.

3.2.2. COMBUSTIONES DE PROPAGACIÓN

Son aquellas combustiones también denominadas de premezcla.

En las combustiones la velocidad de reacción puede ser distinta y por eso se habla de distintos tipos de combustión. En función de las velocidades de combustión es posible definir tres tipos:

- **Combustión Lenta.** Menos centímetros por segundo. Se da cuando el combustible tiene poco aporte de oxígeno.
- **Combustión Viva o Normal.** Más centímetros por segundo. Se da cuando el combustible tiene buen aporte de oxígeno.
- **Combustión Instantánea.** Dependiendo de la velocidad, puede ser:
 - Rápida. Más metros por segundo. Deflagraciones.
 - Muy Rápida. Más kilómetros por segundo. Detonaciones.

Una explosión es una súbita liberación (lo suficientemente rápida para que la energía se disipe mediante una onda de choque) de gas a alta presión (superior a la de la atmósfera circundante en el momento de la liberación) en el ambiente. Un proceso rápido de oxidación o reacción de descomposición puede generar una explosión de origen químico, que puede ser:

- Una **deflagración**: onda de combustión cuyo frente avanza a velocidad subsónica.
- Una **detonación**: onda de combustión cuyo frente avanza a velocidad sónica o supersónica y lleva asociada, por tanto, una onda de choque.

3.3. PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

Cuando se produce una reacción química exotérmica con la suficiente velocidad de reacción para que se pueda identificar como un incendio o un fuego, se establece una ecuación con unos elementos que reaccionan y cambian sus características químicas para dar lugar a unos productos o elementos diferentes.

Ninguno de los elementos iniciales se destruye, sino que todos son transformados en mayor o menor medida. Aun cuando se encuentren dispersos, los productos de la combustión son iguales en peso y volumen a los elementos del combustible de la combustión.

En definitiva, se puede decir que se cumple el famoso principio de la ciencia que asevera que "la materia ni se crea ni se destruye, tan sólo se transforma".

3.3.1. Humo

El humo está constituido por partículas físicas sólidas y líquidas en suspensión en el aire (principalmente vapor de agua) de diferente tamaño y color, incompletamente quemadas, que son arrastradas por corrientes de convección de aire (el aire caliente asciende). A la adecuada proporción de calor y oxígeno el humo es inflamable.

Las partículas, polvo rico en carbono de tamaños comprendidos entre 0.005 y 0.01 milimicras y denominado hollín, se producen cuando arde la mayoría de los materiales orgánicos en condiciones de combustiones incompletas. La producción de estas sustancias carbonosas es acusada en la combustión de prácticamente todos los derivados del petróleo. Dentro del humo también se encuentran otras partículas además del hollín, como las cenizas (residuos inorgánicos en polvo, resultado de una combustión completa) o las escorias (aglomerado sólido de residuos provenientes de una combustión total o parcial y que puede ser una fusión parcial o completa de material o de residuos).

El humo es el principal factor de riesgo en el desarrollo de un incendio. Tiene efectos irritantes sobre las mucosas y provoca lagrimeo en los ojos, lo que dificulta la visión. A su vez evita el paso de la luz, lo que complica las tareas de extinción y salvamento así como las de evacuación de las personas afectadas. Además puede llegar a ser inflamable y/o explosivo cuando se dan las condiciones adecuadas.

En igualdad de condiciones, unos materiales emiten más humo que otros. Los líquidos inflamables emiten, por lo general, un denso humo negro.

Es muy difícil saber qué está ardiendo por el color del humo, ya que la percepción luminosa depende de múltiples factores externos ajenos al proceso de combustión.

a) Humo blanco

El color blanco indica que los combustibles arden libremente, con gran presencia de O_2 , y que el humo está compuesto principalmente de vapor de agua.

Su origen puede ser productos vegetales, forrajes, fósforos, algunos piensos, etc.



Imagen 10. Humo blanco

b) Humo negro

El color negro indica fuegos de gran carga térmica, normalmente con poco aporte de oxígeno, generado por fibras sintéticas, polímeros, cauchos o productos derivados del petróleo.

Su origen puede ser fibras artificiales, cauchos, poliéster, gasóleo, gasolina, petróleo, plásticos, etc.



Imagen 11. Humo negro

c) Humo de color

- a) **Amarillo:** su origen puede ser sustancias químicas que contienen azufre, con formación de ácidos clorhídricos.
- b) **Amarillo verdoso:** su origen puede ser sustancias químicas que contienen cloro.
- c) **Violeta:** su origen puede ser sustancias químicas que contienen yodo.
- d) **Azul:** este color está asociado a hidrocarburos.

3.3.2. LLAMAS

La llama es un gas incandescente cuya temperatura es variable y depende de factores como el tipo de combustible y la concentración de comburente.

La norma **ISO 13943** define la **llama** como la zona de combustión en **fase gaseosa**, usualmente con emisión de luz. La llama es un fenómeno propio de la combustión, que se manifiesta como fenómeno luminoso acompañado de una producción de calor. El grado de luminosidad o intensidad de la llama dependerá de la naturaleza del combustible y de la aportación del comburente.

Los combustibles gaseosos y líquidos (y la mayoría de los sólidos) arden siempre con llama. Los combustibles sólidos se descomponen mediante la **pirólisis**, emitiendo **gases inflamables** que son los que **realmente arden**. Las llamas se producen siempre en la fase gaseosa.

El color de la llama depende de la composición química del combustible y de la cantidad de oxígeno presente. Si la proporción de oxígeno es elevada, las llamas son de color amarillo luminoso y son oxidantes. Si la proporción de oxígeno es baja, las llamas son de color azul, reductoras y más energéticas.

En las combustiones sin llama, la radiación luminosa emitida se conoce como incandescencia o ascuas. Esta radiación es de mayor longitud de onda y, por tanto, de menor energía.

En la **mayoría** de los **incendios** se producen **llamas**, aunque hay excepciones: por ejemplo, la combustión del coque.

Las llamas provocan principalmente reacciones de histeria y nerviosismo en las víctimas. En ocasiones producen deslumbramientos en el trabajo propio del bombero, lo que al igual que el humo impide la correcta percepción del entorno del fuego.

Las zonas de la llama son:

- a) **Zona Interna.** Zona fría y oscura, no hay combustión por falta de oxígeno.
- b) **Zona Media.** Zona muy luminosa, la falta de oxígeno hace que la combustión sea incompleta.
- c) **Zona Externa.** Zona poco luminosa, en la que las temperaturas alcanzan sus valores máximos. La

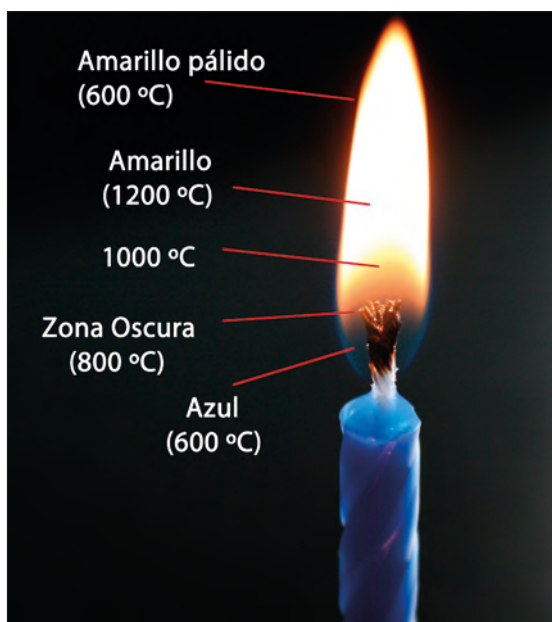


Imagen 12. Llama

combustión tiene lugar en esta parte, al estar plenamente en contacto el combustible con el comburente y producir una combustión completa.

Las temperaturas de la llama dependen de la naturaleza del combustible que arde y de los productos resultantes de la combustión. En la práctica las temperaturas de la llama alcanzan de **1800° C a 2200° C**. Sólo la llama oxiacetilénica supera estas temperaturas.

3.3.3. CALOR

Los **incendios** son reacciones químicas exotérmicas que **desprenden calor**.

No hay que confundir calor con temperatura, ni tampoco con el “sentido de calor” que pueda percibir una persona en un momento dado. Los condicionantes ambientales, los del propio trabajo y, sobre todo, los personales distorsionan mucho ese sentido.

La temperatura es una manifestación de la energía (calor) que poseen todos los cuerpos y depende del movimiento de las moléculas (a mayor movimiento, excitación, agitación o velocidad de traslación de los electrones, mayor temperatura adquiere el cuerpo).

Los cuerpos no tienen calor, sino temperatura. La energía existe en varias formas. El calor es el proceso mediante el cual la energía se transfiere de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura.

a) Calor y temperatura

El **calor** es consecuencia de los **movimientos** fluidos de las moléculas que, en el seno de la materia, entrec chocan constantemente. Cuanto mayor es la energía cinética de las moléculas, mayor es la violencia de los choques y mayor el calor que se desprende. Esto se debe a que los cuerpos tienden a adoptar la forma de menor energía y ceden el exceso al ambiente que los rodea.

Es posible medir el calor, ya que los cambios de estado calorífico de los cuerpos se manifiestan por su temperatura o por su estado físico.

• Calor de combustión

Se llama calor de combustión de una sustancia al calor que se desprende cuando reacciona con el oxígeno a volumen y presión constante. Es el proceso más importante por el cual se genera energía calorífica.

El calor de combustión de un material es la cantidad de calor liberado por unidad de volumen y masa cuando se quema por completo. Su unidad es la caloría o el julio, según se hable de energía térmica o energía mecánica.

El calor es la suma de la energía cinética de todas las moléculas de un cuerpo.

Las cinco categorías de la energía calorífica son: **eléctrica, mecánica, química, nuclear y solar**.

La conductividad calorífica es la propiedad que tienen los cuerpos de transmitir el calor a través de ellos. Las principales fuentes de calor son el sol y los combustibles (sólidos, líquidos y gaseosos).

• Temperatura

La **temperatura** es una **propiedad física** del estado de los cuerpos. A medida que aumenta la energía cinética de un sistema, se observa que aumenta su grado térmico; es decir, que su temperatura es mayor.

Al poder determinarse como una sensación térmica, palpable por el sentido del tacto, se puede apreciar cuándo un cuerpo está más caliente que otro, e incluso medir al determinar el paso de calor de un cuerpo a otro.

Para poder medir la temperatura se utilizan los termómetros. Existen en la actualidad diferentes escalas termométricas (centígrada, Réaumur, Fahrenheit, Kelvin, etc.).

• Diferencia entre calor y temperatura

Podemos decir que el calor es una energía producida por la interacción de las moléculas de la materia, mientras que la temperatura es la manifestación del grado de calor que alcanzan los cuerpos (estado térmico de los cuerpos). Cuando se aplica calor a un material, el principal efecto que se observa es un cambio de temperatura.

El calor de un cuerpo es la suma de la energía cinética (en movimiento) de todas sus moléculas. La temperatura de un cuerpo es la energía cinética media de sus moléculas.

b) Unidades de calor

El calor se mide en calorías.

La caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de un gramo de agua y es variable de unas sustancias a otras (dato tomado con el agua entre 14,5° y 15,5° de temperatura a una presión atmosférica normal).

Como la caloría es muy pequeña habitualmente se utilizan otras unidades, como la kilocaloría (1.000 calorías) o la megacaloría (1.000.000 calorías o 1.000 kilocalorías).

Por ejemplo, ¿qué cantidad de calor se necesita para llevar un litro de agua de 20° de temperatura a 100° de temperatura?

Un litro de agua pesa aproximadamente un kilogramo y para llegar a los 100 grados hay un salto de 80° C. $1 \text{ cal/gr} \times 1000 \text{ gr} \times 80^\circ \text{C} = 80.000 \text{ calorías} = 80 \text{ kilocalorías}$. Un litro de agua a 20° de temperatura le roba 80 kilocalorías al fuego sobre el que se arroja para convertirse en vapor de agua.

La caloría, basada en el calor específico del agua, es una unidad de energía del sistema técnico de unidades ya en desuso. En el uso científico actual la **unidad de energía** es el **julio**.

1 caloría (cal) equivale exactamente a 4,1868 julios (J)

El julio es la unidad de calor en el Sistema Internacional y se define como "la energía o trabajo realizado por una unidad de fuerza (1 newton) al mover un cuerpo un metro de longitud".

1 julio = 0,24 calorías

1 caloría = 4,187 julios

El Watio es una medida de potencia o flujo de energía. La cantidad de calor liberada en un incendio se puede expresar en Kilovatios o Megawatios.

1 W = 1 J/s

c) Calor específico

El calor específico es la capacidad de una sustancia para tomar energía en forma de calor, y se define como la cantidad de calor necesaria para elevar 1° C la temperatura de un cuerpo de un gramo de masa. El calor específico es distinto para cada sustancia y varía ligeramente con la temperatura. Cuanto mayor calor específico tenga un cuerpo, mayor será su efecto refrigerante.

Tabla 2. Calor específico

Sustancia	c [J/(g°C)]	c [cal/(g°C)]
Agua	4,187	1,0
Aire seco	1,009	0,241
Aluminio	0,896	0,214
Hielo (a 0°C)	2,09	0,5

d) Capacidad calorífica

La capacidad calorífica de un cuerpo se define como la razón (cociente) entre la cantidad de calor "Q" suministrado y el correspondiente aumento de temperatura del cuerpo. Se representa con C. Se puede calcular en función de la masa y el calor específico del cuerpo con la fórmula:

$$C = \text{Masa} \cdot \text{Calor específico}$$

e) Escalas de temperatura

La unidad de temperatura es el grado, pero existen varias escalas. Todas se basan en dos puntos fijos: **fusión del hielo y ebullición del agua**.

Los termómetros son los aparatos que miden la temperatura. Pueden construirse con un tubo adherido a un bulbo con cierto líquido (suele ser mercurio) cuya variación de volumen por la temperatura es conocida. Por aumento o disminución de temperatura, el líquido sube o baja por el tubo de vidrio transparente, convenientemente graduado.

Gases, líquidos y sólidos se dilatan con el calor. Los gases también se dilatan por la presión, y los sólidos son poco sensibles a la temperatura. Por ese motivo se emplean preferentemente líquidos para la confección de termómetros, excepto para medir fríos extremos.

Tipos de escalas

- a) Celsius o centígrada 0° - 100° C
- b) Réaumur: 0° - 80° RC
- c) Fahrenheit: 32° - 212° F
- d) Absoluta o Kelvin: 273° - 373° K

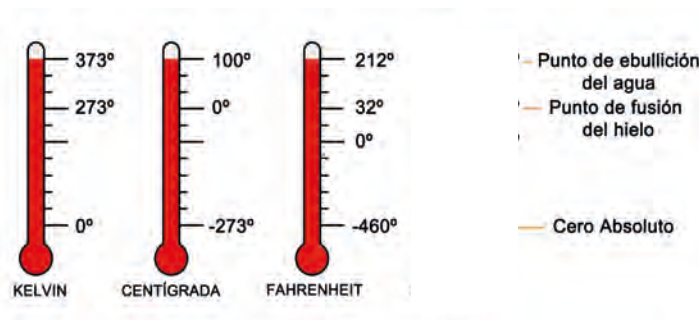


Imagen 13. Tipos de escala

La escala Fahrenheit sólo se usa en países de habla inglesa, y la escala Réaumur ya no se utiliza. La escala absoluta o Kelvin coincide con el llamado cero absoluto (equivale en la escala Centígrada a 273° negativos o bajo cero). Es una temperatura tan baja que en ella un gas cualquiera deja de ejercer presión y sus moléculas quedan completamente inmóviles (energía cinética nula).

3.3.4. GASES

Gran parte de los elementos que constituyen el combustible en una combustión forman compuestos gaseosos cuando arden. La cantidad de gases que se producen en los incendios depende de los materiales presentes en la combustión.

La mayor parte de los materiales combustibles contiene carbono, que forma dióxido de carbono (CO_2) al quemarse si la concentración de aire es suficiente y la combustión es completa; puede producirse monóxido de carbono (CO) si dicha concentración es baja.

Estos dos gases, junto al vapor de agua, son los gases de combustión más abundantes en los incendios, pero también se produce amoníaco (NH_3), dióxido de azufre (SO_2), ácido cianhídrico (HCN), óxidos de nitrógeno (NO_x), ácido clorhídrico (HCl), fosgeno, etc.

Estos gases pueden ser tóxicos y producir en las personas que lo respiran incapacidad física, pérdida de coordinación, desorientación, envenenamiento e incluso la muerte.

a) Monóxido de carbono (CO)

Es un gas incoloro, más ligero que el aire, que arde con llama azul. Es inflamable y explosivo en mezclas con el aire de 12.5% a 74.2%.

Se forma en la combustión incompleta de los materiales orgánicos carbonáceos, como la madera, carbón de madera o minera, petróleo y sus fracciones, gas natural y artificial o subproducto de explosivos. En toda combustión que haya déficit de oxígeno aumentará la producción de CO .

- **Vías de ingreso en el organismo**

Respiratoria, por inhalación del gas.

- **Patología**

El CO se combina con la hemoglobina (Hb) para formar carboxihemoglobina (COHb), unión que hace que la sangre pierda su capacidad transportadora de O , lo que provoca una hipoxia que puede derivar en anoxia. El CO se combina con la Hb para llegar a un estado de equilibrio según la concentración en el aire. Esta reacción será tanto más rápida cuanto más alto sea el nivel de CO atmosférico. El CO tiene mayor afinidad (260 veces mayor) por la Hb que el O .

La COHb es una reacción reversible y los glóbulos rojos aparentemente no son dañados. Cuando cesa la exposición el O suplanta al CO en la sangre y se forma nuevamente Ohb .

La cantidad de CO unida a la Hb en forma de COHb se expresa en % de saturación sanguínea.

b) Dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO_2)

El dióxido de carbono —también denominado óxido de carbono (IV), gas carbónico y anhídrido carbónico— es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula molecular es CO_2 .

Es un gas no inflamable, soluble en agua, incoloro e inodoro, pero con pequeña molestia picante. Es más pesado que el aire y oxidante al contacto con el agua. No es tóxico pero sí asfixiante.

- **Vías de ingreso en el organismo y patología**

- **Ingestión:** puede causar irritación, vómitos, náuseas y hemorragias en el tracto digestivo.
- **Inhalación:** produce asfixia y causa hiperventilación. La exposición a largo plazo es peligrosa. Es asfixiante en grandes concentraciones.
- **Piel y ojos:** en contacto directo puede producir congelación.

- **Datos Importantes**

Punto de fusión: -78°C

Punto de ebullición: -57°C

Densidad relativa: (aire=1): 1,52 (una vez y media más pesado que el aire).

c) Cianuro de hidrógeno (HCN)

Se designa como cianuros (CN) al ácido cianhídrico, a sus sales y a los cianuros de sodio, potasio y calcio, que son los más usados en el medio laboral.

El cianuro de hidrógeno o ácido cianhídrico (HCN) también se conoce como ácido prúsico o ácido hidrociánico. En estado gaseoso es un gas incoloro más pesado que el aire, en estado líquido es un líquido blanco azulado de olor característico a almendras amargas. Es explosivo en mezclas de 5% a 40% con el aire.

- Cianuro de sodio (NaCN), sólido blanco cristalino a temperatura normal.
- Cianuro de potasio (KCN), sólido blanco cristalino, deliquescente.
- Cianuro de calcio ($\text{Ca}(\text{CN})_2$), terracalino, llamado cianuro negro.

Estos tres cianuros producen HCN por acción del agua y los ácidos.

- Vías de ingreso en el organismo (exposiciones a gases, líquidos y aerosoles líquidos)
 - Respiratoria: importante, especialmente para el HCN .
 - Digestiva: ocasional o accidental.
 - Cutánea: importante, especialmente con las sales.

- Patología

Los cianuros producen por acción local irritación de las mucosas respiratorias y de la piel de grado mínimo a intenso (úlceras, corrosión, etc.).

La acción general es la más importante del HCN y los cianuros, que tienen gran capacidad y rapidez para formar complejos con los iones metales. Entre ellos está el Fe, que actúa como cofactor con la citocromooxidasa a nivel de la respiración celular. El CN se une con el ión del Fe e inhibe la enzima, lo que provoca una anoxia química por falta de entrega de O₂ a los tejidos; es decir, produce una alteración del mecanismo aeróbico.

d) Sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H₂S)

El ácido sulfhídrico (H₂S) es un gas inflamable (en mezclas con el aire del 4.5% al 45%), incoloro, tóxico y soluble en agua. Se le llama comúnmente ácido hidrosulfúrico o gas de alcantarilla. Es uno de los compuestos destacados como causantes de molestias por malos olores. A pesar de ello, en el organismo humano desempeña funciones esenciales.

Emana un olor característico a huevos podridos que proviene de la descomposición bacteriana de proteínas que contienen azufre. Este olor es perceptible en contenidos muy bajos, por debajo de 30 ppm (partes por millón). Desprende un olor dulce a concentraciones más altas y paralizante del olfato a nivel de 100 ppm o más. El nivel mínimo de percepción olfatoria estaría entre 0.003-0.02 ppm.

También se conoce como hidrógeno sulfurado, sulfuro de hidrógeno o hidruro de azufre.

En la industria se usa una forma líquida bajo presión.

- Vías de ingreso en el organismo
 - **Inhalación:** el sulfuro de hidrógeno es más pesado que el aire y puede causar asfixia en espacios poco ventilados, situados a niveles bajos o cerrados.
 - **Contacto con la piel:** el contacto directo con sulfuro de hidrógeno, líquido o gas, sobre la piel mojada o húmeda puede causar irritación.
 - **Contacto con los ojos:** puede causar enrojecimiento, dolor y quemaduras profundas graves.

- Patología

El ácido sulfhídrico es extremadamente nocivo para la salud. Bastan 20-50 ppm en el aire para causar un malestar agudo que lleva a la asfixia y a la muerte por sobreexposición. Por su grado de toxicidad se localiza directamente debajo el ácido cianhídrico (HCN).

- Datos Importantes

Punto de ebullición: -60 ° C

Punto de fusión: -86 ° C

e) Amoníaco (NH₃)

El amoníaco es un compuesto químico cuya molécula está formada por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de hidrógeno (H), de acuerdo con la fórmula NH₃.

También se denomina trihidruro de nitrógeno, hidruro de nitrógeno (III), azano, espíritu de Hartshorn, nitro-sil, vapore, gas de amonio o AM-FOL.

Es un gas inflamable (16% - 25% con el aire). A temperatura ambiente el amoníaco es un gas incoloro de olor muy penetrante y nauseabundo. Se produce naturalmente por descomposición de la materia orgánica y también se fabrica de forma industrial. Es fácilmente soluble y se evapora con rapidez. Generalmente se vende en forma líquida.

f) Formaldehído o metanal (H₂C=O)

Es un compuesto químico, más específicamente un aldehído (el más simple de ellos), altamente volátil y muy inflamable, de fórmula H₂C=O. Se obtiene por oxidación catalítica del alcohol metílico. Es fungicida, germicida y desinfectante.

A temperatura normal es un gas incoloro de un olor penetrante, muy soluble en agua y en ésteres. Las disoluciones acuosas al 40 % se conocen con el nombre de formol, que es un líquido incoloro de olor penetrante y sofocante. Estas disoluciones pueden contener alcohol metílico como estabilizante. Puede ser comprimido hasta el estado líquido y su punto de ebullición es -21 °C.

g) Cloro y clorados (CL)

El cloro es un elemento químico de número atómico 17, situado en el grupo de los halógenos (grupo VII A) de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Cl.

En condiciones normales y en estado puro forma dicloro, un gas tóxico no inflamable de color amarillo-verdoso formado por moléculas diatómicas (Cl₂), unas 2,5 veces más pesado que el aire, de olor desagradable y picante. Es un elemento abundante en la naturaleza y se trata de un elemento químico esencial para muchas formas de vida.

El cloro forma mezclas inflamables y explosivas con el hidrógeno y con algunos compuestos orgánicos, como hidrocarburos, alcoholes y éteres.

- Vías de ingreso en el organismo y patología

- **Inhalación:** el cloro irrita las mucosas oculares, las de la nariz y las de la garganta. La irritación va en aumento hasta producir dolor agudo y quemante. Esta irritación aparece también en el aparato respiratorio y en el pecho; desencadena una tos refleja que puede ser intensa y, a menudo, va asociada con dolor retroesternal que puede llegar a provocar vómito con sangre según las lesiones de las mucosas. Otros síntomas frecuentes son dolores de cabeza, malestar general, ansiedad y sensación de sofocación.

El cloro reacciona con los líquidos orgánicos formando ácidos y, en altas concentraciones, actúa como asfixiante al provocar espasmos en los músculos de la laringe y tumefacción de las mucosas.

- **Contacto con la piel:** entre los individuos expuestos durante mucho tiempo a bajas concentraciones de cloro es frecuente el acné. Es conocido comúnmente como cloracné. Puede llegar a dañar el esmalte dentario.
- **Contacto con los ojos:** puede causar enrojecimiento, dolor y quemaduras profundas graves.

- Datos Importantes

Punto de ebullición: $-34,7^{\circ}\text{C}$

Punto de fusión: $-101,0^{\circ}\text{C}$

h) Flúor (F) o ácido fluorhídrico (HF)

El flúor es un gas a temperatura ambiente, de color amarillo pálido, formado por moléculas diatómicas F_2 . Es el más electronegativo y reactivo de todos los elementos.

El ácido fluorhídrico (HF) es una disolución de fluoruro de hidrógeno en agua. Es un ácido débil, pero mucho más peligroso que ácidos fuertes como el clorhídrico o el sulfúrico. De los ácidos de uso corriente en los laboratorios es el más temido. Se utiliza para limpiar metales.

Las soluciones de HF son transparentes e incoloras, con una densidad similar a la del agua. La propiedad más conocida del HF es la de atacar al vidrio. También ataca esmaltes, cemento, caucho, cuero, metales (especialmente al hierro) y compuestos orgánicos.

- Vías de ingreso en el organismo y patología
 - **Inhalación:** en estado gaseoso el ácido fluorhídrico produce irritación respiratoria grave, sofocación y tos transitoria. Tras un periodo sintomático, que dura desde varias horas hasta uno o dos días, puede aparecer fiebre, tos, disnea, cianosis y edema pulmonar. Las exposiciones repetidas a concentraciones excesivas originan con los años fluorosis minusvalidante, debida al depósito de fluoruro en los huesos.
 - **Contacto con la piel:** en forma pura es altamente peligroso y causa graves quemaduras químicas al contacto con la piel. Atraviesa la piel, destruye los tejidos y huesos y es tóxico en cualquier concentración. Además provoca hipocalcemia. El HF anhidro es extraordinariamente corrosivo.
 - **Contacto con los ojos:** puede causar quemaduras profundas graves.

- Datos Importantes

Punto de ebullición: -188°C

Punto de fusión: -220°C

i) Dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso (SO_2)

Es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre. En condiciones normales la velocidad de esta reacción es baja.

Forma una disolución ácida al disolverse en el agua.

- Vías de ingreso en el organismo y patología
 - **Inhalación:** se delata inmediatamente al ser irritante para los ojos y el sistema respiratorio. Esto lo convierte en un "gas amigo". Es un gas incoloro. Cuando se combina con la humedad del tracto respiratorio se convierte en corrosivo, causando edemas a determinadas concentraciones. Puede provocar asfixia, tos, falta de respiración, dolor de garganta, estornudos, rinorrea, dificultad en la respiración, disnea, cianosis, dolor de pecho, traqueitis, bronquitis, náuseas, fatiga, vómitos, broncoconstricción, neumonitis, edema en la laringe/glottis, edema en las vías respiratorias superiores u obstrucción e incremento de la resistencia de la circulación del aire. Puede causar la muerte por edema pulmonar, acidosis sistémica o paro respiratorio. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto a menudo hasta pasadas algunas horas, y se agravan por el esfuerzo físico.
 - **Contacto con la piel:** el dióxido de azufre es un irritante corrosivo de la piel. En estado líquido puede provocar lesiones o quemaduras por congelación.
 - **Contacto con los ojos:** el dióxido de azufre es un irritante corrosivo de los ojos, aunque es poco común que en estado gaseoso produzca lesiones. Puede causar escozor en los ojos, lagrimeo, irritación conjuntival, enrojecimiento, dolor y quemaduras profundas graves. En estado líquido puede provocar lesiones o quemaduras por congelación. También opacidad corneal, erosión, necrosis y finalmente ceguera.

j) Cloruro de carbonillo o fosgeno (COCl_2)

Se produce por el contacto de las llamas sobre los productos clorados (PVC), los aislamientos de cables de instalaciones eléctricas, materiales refrigerantes como el freón, etc. Es muy tóxico.

Es un importante componente químico industrial utilizado para hacer plásticos y pesticidas. A temperatura ambiente (21°C) el fosgeno es un gas venenoso. Si es enfriado y presurizado se convierte en líquido y así puede ser transportado y almacenado. Cuando se libera fosgeno líquido se transforma rápidamente en gas, que permanece cerca del suelo y se propaga con rapidez. Al fosgeno también se le conoce por su denominación militar: CG.

El gas de fosgeno puede ser incoloro o puede verse como una nube que varía de blanca a amarilla pálida. En bajas concentraciones tiene un olor agradable, como a heno recién cortado o maíz verde, pero es posible que no todas las personas expuestas lo adviertan. En altas concentraciones el olor puede ser fuerte y desagradable.

El fosgeno por sí mismo no es inflamable (no se enciende ni se quema con facilidad), pero es un comburente (puede causar que prendan las sustancias inflamables que hay a su alrededor).

- Vías de ingreso en el organismo y patología
 - **Inhalación:** el principal efecto del fosgeno se da en los pulmones. Cuando se inhala y alcanza los espacios alveolares se convierte en cloruro de hidrógeno, y después en ácido clorhídrico y monóxido de carbono cuando llega a los pulmones. Produce sensación de quemazón, opresión torácica, dolor de garganta, tos, dificultad respiratoria y jadeo.
 - **Contacto con la piel:** en estado líquido provoca lesiones y quemaduras por congelación.
 - **Contacto con los ojos:** produce enrojecimiento, dolor y visión borrosa.

- Datos importantes

Punto de ebullición: 8 °C

Punto de fusión: -118 °C

k) Aldehído acrílico o acroleína

Es un líquido incoloro o amarillo, de olor desagradable. Se disuelve fácilmente en agua y se evapora rápidamente cuando se calienta. También se inflama con facilidad. Se pueden formar pequeñas cantidades de acroleína y dispersarse por el aire.

- Vías de ingreso en el organismo y patología
 - **Inhalación:** la exposición a la acroleína ocurre principalmente al respirarla. El humo de cigarrillo y los gases del tubo de escape de los automóviles contienen acroleína. La información disponible indica que inhalar grandes cantidades daña los pulmones y puede producir la muerte. La inhalación de cantidades más bajas puede producir lagrimeo de los ojos, ardor de la nariz y la garganta y reducción del ritmo respiratorio.
 - **Contacto con los ojos:** produce enrojecimiento, dolor y lagrimeo.

- Datos importantes

Punto de ebullición: 52,5° C

Punto de fusión: - 87,7° C

4. ¿QUÉ ES UN FUEGO Y QUÉ ES UN INCENDIO?

El **DRAE** (Diccionario de la Real Academia Española) define el fuego como calor y luz producidos por la combustión.

El **DRAE** define el incendio como un fuego grande que destruye lo que no debería quemarse.

FUEGO + SERIE DE CARACTERÍSTICAS = INCENDIO

La norma **UNE 23026** define el fuego como una combustión caracterizada por una emisión de calor, humo y llama

La norma **ISO 13943** define el **fuego** como una **combustión** autosoportada que ha sido deliberadamente puesta en marcha para beneficiarse de sus efectos y que está **controlada** en su duración y su extensión espacial.

La misma norma **ISO 13943** define el **incendio** como una **combustión** que se propaga incontroladamente en el tiempo y en el espacio, una combustión de aportación **incontrolada**.

5. TRIÁNGULO Y TETRAEDRO DEL FUEGO

Los **incendios** se producen cuando coinciden un producto inflamable (**combustible**), un producto que favorece la combustión (**comburente**) y una fuente con suficiente energía de activación (**calor, chispa, llama**).

Cuando se dispone de estos tres factores en las proporciones correctas ocurre la combustión. Estos tres factores (combustible, comburente y calor) se representan a menudo mediante un triángulo, el **triángulo del fuego**. La supresión de uno de los lados del triángulo (un factor) hace imposible que se produzca un incendio (o lo extingue si ya existe).

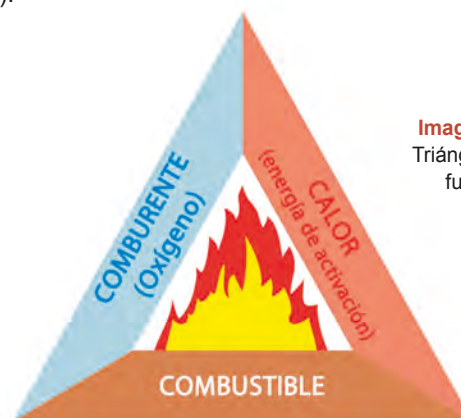


Imagen 14.
Triángulo del
fuego



El triángulo de fuego (combustible, comburente y calor) fue una representación aceptada durante mucho tiempo. Sin embargo, una observación más precisa del fenómeno del fuego hizo necesaria la inclusión de un cuarto factor, de una cuarta variable, que por estar íntimamente relacionada con todas las anteriores dio lugar al denominado **tetraedro del fuego**: las **reacciones en cadena**.

La reacción de combustión, como se ha visto anteriormente, genera unos productos de combustión (humos, gases, residuos sólidos) y mucho más calor que el precisado inicialmente. Cuando este calor generado se reinvierte en promover el desarrollo de nuevas reacciones químicas en cadena el proceso de combustión se vuelve incontrolable, y si no se elimina alguno de los tres factores concurrentes que determinan la posibilidad del incendio este no se extingue.

Es por ello que la posibilidad de estas reacciones en cadena constituye un cuarto factor, junto a los tres citados anteriormente, que permite el fenómeno de la progresión espontánea del incendio y su propagación en el espacio y en el tiempo y que forma, como se ha indicado, el llamado **tetraedro del fuego** (un tetraedro y no un cuadrado para expresar la relación inherente de cada lado con los demás). Las acciones capaces de impedir las reacciones en cadena son eficaces para limitar la propagación del incendio y facilitar su extinción.

Con este esquema sólo se quiere indicar que de la misma forma que si se retira una cara el poliedro desaparece, al suprimir uno de los factores el fuego se extingue.

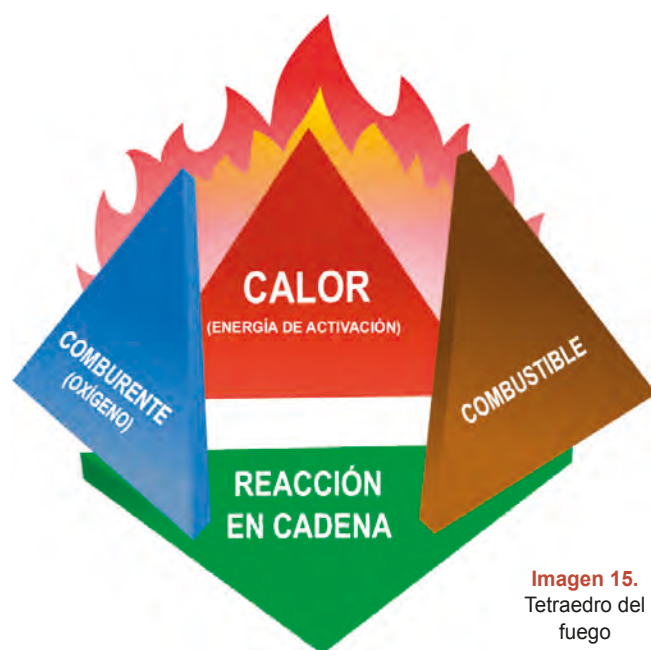


Imagen 15.
Tetraedro del
fuego

5.1. COMBUSTIBLE

Se define como combustible cualquier sustancia capaz de arder en presencia de una energía de activación; es decir, cualquier sustancia capaz de combinarse con un comburente en una reacción rápida y exotérmica.

El grado de inflamabilidad de los combustibles condiciona la fuente de inflamación necesaria para que se produzca un incendio. Las sustancias inflamables y las fácilmente inflamables pueden llegar a inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin necesidad de una fuente de inflamación o tras un breve contacto con una de ellas.



Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, aunque independientemente de su estado inicial siempre entran en combustión en estado gaseoso (pirólisis, pirogenación). Cuando el combustible es sólido o líquido, es necesario un aporte previo de energía para llevarlo al estado gaseoso.

La ignición de un combustible, y por tanto la peligrosidad del mismo, depende de varios factores que se pueden analizar por medio de unas constantes físicas propias de cada combustible que se detallan a continuación.

5.1.1. TEMPERATURA MÍNIMA A LA QUE EMITE VAPORES INFLAMABLES

a) Punto de inflamación (*Flash Point*)

Es la temperatura mínima a la que un combustible emite suficientes vapores susceptibles de inflamarse si entran en contacto con una fuente de ignición. Si no hay fuente de ignición no arderá.

También se define como la mínima temperatura en °C a 760 mm de Hg a la que una sustancia combustible en contacto con el aire desprende la suficiente cantidad de vapor para que la mezcla vapor-aire sea susceptible de inflamarse, mediante el aporte a la misma de una energía de activación externa.

b) Punto de ignición o de incendio (*Ignition Point*)

Es la temperatura mínima a la cual un combustible emite suficientes vapores susceptibles de inflamarse y de mantener la inflamación (sigue ardiendo aunque se retire la fuente) si entran en contacto con una fuente de ignición. Suele estar unos grados por encima del punto de inflamación.

c) Punto de autoinflamación

Es la temperatura mínima a la cual los vapores emitidos empiezan a arder sin necesidad de aporte de fuente de ignición (en condiciones normales).

También se define como la mínima temperatura en °C a 760 mm de Hg a la que una sustancia sólida, líquida o gaseosa en contacto con el aire arde espontáneamente sin necesidad de ningún aporte energético a la mezcla.

d) Punto de autoignición (*Autoignition Point*)

Es la temperatura mínima a la que debe calentarse un combustible en presencia de oxígeno para que se produzca su inflamación y se sostenga la combustión sin el aporte de una energía de activación o un foco de ignición externos.

5.1.2. CONCENTRACIÓN DE VAPORES

COMBUSTIBLE/COMBURENTE

No todas las mezclas combustible/comburente son susceptibles de entrar en combustión. Existen unos límites de inflamabilidad que se detallan a continuación:

- Límite superior de inflamabilidad (LSI). Es la máxima concentración de vapores combustibles mezclados en el aire capaz de entrar en combustión. Por encima del LSI no se produce la combustión por falta de comburente.
- Límite inferior de inflamabilidad (LII). Es la mínima concentración de vapores combustibles mezclados en el aire capaz de entrar en combustión. Por debajo del LII no se produce la combustión por falta de combustible.
- Punto ideal de combustión (PIC). Es el punto en el que la combustión se produce en las mejores condiciones.
- Punto estequiométrico (PE). Es el punto en el que se genera una explosión si la reacción se produce (la velocidad de reacción es máxima).



Imagen 16. Inflamabilidad

Tabla 3. Rangos de inflamabilidad

SUSTANCIA	L.I.I.	L.S.I.
MONÓXIDO DE CARBONO	15,5	74
METANO	5	15
ACETILENO	2,5	81
PROPANO	2,2	9,5
BUTANO	1,8	8,4
GASOLINA	1,5	7,6
GASOIL	0,6	6,5

Tabla 4. Temperaturas de inflamación y autoinflamación

COMBUSTIBLE	TEMPERATURA INFLAMACIÓN	TEMPERATURA AUTOINFLAMACIÓN
Aceite	232 °C	343 °C
Madera	225 °C	280 °C
Gasoil	60 °C	330 °C
Gasolina	-39 °C	285 °C
Propano	-104 °C	450 °C
Gas natural	-180 °C	482 °C

5.2. COMBURENTE

Aunque un comburente es cualquier agente oxidante capaz de oxidar un combustible, en una reacción rápida y exotérmica este término se suele aplicar a mezclas de gases en las cuales el oxígeno esté en proporción suficiente para que en su seno se inicie y desarrolle la combustión, ya que el oxígeno molecular (O_2) es el agente oxidante más común.



El oxígeno, contenido aproximadamente en un 21% en volumen (23% si se considera en peso) en el aire, es el comburente más común en todos los fuegos e incendios.

Por otro lado, algunos compuestos tales como la nitrocelulosa, al contener en su composición ambos agentes oxidante y reductor, pueden sufrir combustión sin más aporte externo que la energía de activación. Para que se desarrolle la combustión habitualmente es necesaria la presencia de una proporción mínima de oxígeno en el ambiente (por debajo del 15% generalmente el fuego se apaga). Esta proporción mínima se determina por medio del ensayo del índice crítico de oxígeno.

En contacto con materias orgánicas ciertos ácidos fuertes oxidantes (por ejemplo, ácido sulfúrico o nítrico) pueden causar combustiones y provocar incendios sin necesidad de una fuente de ignición adicional. Cuando se encuentra directamente afectada por el fuego la materia comburente libera oxígeno y da como resultado una combustión auto-sostenida, incluso en una atmósfera sin oxígeno.

La existencia de un comburente no es peligrosa por sí misma, pero en un incendio aumenta el peligro y la virulencia del mismo.

Tabla 5. Comburente

Composición del aire (Comburente)				
Aire	% en volumen			
	Real			
Nitrógeno	78,03			
Oxígeno	20,99			
Argón	0,94			
CO ₂	0,03			
Otros	0,01			

5.3. ENERGÍA DE ACTIVACIÓN. CALOR

Para que un fuego se inicie es necesario que los reactivos (comburente y combustible) se encuentren en unas condiciones favorables en las que pueda producirse la reacción.

La energía de activación aportada por los focos de ignición tiene diversos orígenes:



La energía mínima necesaria para que la reacción se inicie se denomina energía de activación, y la proporcionan las fuentes de ignición, que pueden ser las llamas abiertas, superficies calientes, chispas eléctricas, brasas (cigarrillos), etc.

- Origen químico (cualquier reacción exotérmica provoca calor, que puede ser el origen de un incendio).
- Origen mecánico (los choques o roces entre metales generan calor y chispas, que pueden aportar la energía necesaria para iniciar un incendio).
- Origen eléctrico (el paso de una corriente eléctrica provoca calor, causa de numerosos incendios).
- Origen térmico o directo.
- Origen biológico, como por ejemplo el calor que desprende la fermentación.
- Origen natural o atmosférico (como por ejemplo los rayos)

Un foco puede provocar la ignición si la magnitud e intensidad de su energía es suficiente para aumentar la temperatura del combustible por encima de su punto de ignición.

El aporte energético se efectúa fundamentalmente de las siguientes formas:

- **Llamas.** Las llamas son una fuente segura de ignición para la mezcla de vapor inflamable y aire que se encuentre dentro de su margen de inflamabilidad. Para ello, las llamas deben ser capaces de calentar el vapor hasta su temperatura de ignición en presencia de aire. En algunos líquidos y sólidos será necesario que la llama permanezca durante un tiempo y a una temperatura suficiente para volatilizar el material combustible e inflamar los vapores emitidos. Una vez iniciada la ignición, el calor radiado por los vapores perpetúa el proceso de combustión.
- **Chispas eléctricas, estáticas y de fricción.** Las chispas deben tener suficiente energía para poner en ignición la mezcla de vapor inflamable y aire. Las chispas producidas por instalaciones eléctricas comerciales tienen una temperatura superior a la de las llamas y generalmente son capaces de producir la ignición de las mezclas inflamables.
- **Superficies calientes.** Las superficies calientes pueden convertirse en fuentes de ignición siempre y cuando tengan dimensión y temperatura suficientes.
- **Brasas.** Las brasas, una vez apagadas las llamas, en los momentos finales de la combustión de la madera, producen calor por radiación.

5.4. REACCIONES EN CADENA (REC)

Los procesos mediante los cuales progresa la reacción en el seno de la mezcla comburente/combustible suelen transcurrir mediante reacciones en cadena (REC), reacciones químicas complejas que sólo aparecen cuando hay combustión con llama. La reacción en cadena está asegurada y es inherente a la mayoría de los combustibles siempre que el aporte energético sea suficiente y exista mezcla comburente/combustible.



La reacción en cadena consiste en el automantenimiento de la combustión por la eliminación de los radicales libres (hidroxilos). Una vez puesta en marcha progresa por sí misma y proporciona una energía mayor que la inicial, lo que provoca un número creciente de roturas de enlaces de carbono (C) y oxígeno (O₂).

En muchos casos una mezcla de productos reactivos no reacciona si no se aporta una energía de activación o si no se induce una disminución de la energía necesaria para que tenga lugar la reacción.

La reacción en cadena está asegurada a nivel molecular cuando la energía desprendida por la reacción de un número de moléculas es suficiente para activar un número igual o mayor de ellas.

A partir del momento en que el proceso es capaz de aportarse a sí mismo la suficiente cantidad de energía como para mantener una emisión de gases constantes (radicales libres), el proceso se entenderá como automantenido. Cuando se alcanza este estadio se conoce comúnmente como tetraedro del fuego.

La velocidad de reacción en cadena se duplica con una elevación de 10 °C y se puede multiplicar por un millón o más ante un aumento de 200°C. Para que esto ocurra deben existir grandes cantidades de combustible y de oxígeno.

5.5. AGENTES PASIVOS

Para que la combustión ocurra deben estar presentes el combustible, el calor y el oxígeno (triángulo de fuego) y, adicionalmente, la reacción en cadena (tetraedro de fuego). Sin embargo existe un factor añadido que afecta tanto al triángulo como al tetraedro, denominado agentes pasivos. Los agentes pasivos o pasivos, como comúnmente se los denomina, están presentes en cualquier proceso de combustión y no toman parte en la reacción química de combustión. Pero el hecho de que absorban o roben la energía (calor) afecta al comportamiento del fuego.

Ejemplos de agentes pasivos:

- Gases no inflamables: dióxido de carbono y vapor de agua.

- Hollín: partículas de carbón.
- Agua: temperatura y humedad.
- Nitrógeno: un componente del aire (un 79% del mismo en volumen. aproximadamente) que permanece inerte a través de la combustión.

Sustancias combustibles e inflamables

Para entender la diferencia entre sustancias combustibles e inflamables primero es necesario explicar el proceso de **pirólisis**.

Se define la **pirólisis** como la **descomposición** de una sustancia por el **calor**. Todas las sustancias, si se les aplica calor, se descompondrán desde su estado sólido o líquido al estado vapor. Se debe al efecto que provoca el calor cuando se aplica sobre las moléculas: estas lo absorben y pierden estabilidad de forma progresiva a medida que se descomponen a través de los diferentes estados de la materia. Pero en función de las características físico-químicas de la sustancia, cambian las condiciones de entorno; esto es, la cantidad de calor o energía que hay que proporcionar a la sustancia para que se descomponga y, por lo tanto, comience su proceso de pirólisis.

Existe una **temperatura mínima** a partir de la cual la sustancia emite los suficientes vapores como para **encenderse** (la sustancia no se quema por sí sola, en realidad es el vapor lo que se quema cuando existe la combinación adecuada con oxígeno). Esta temperatura es el punto de ignición o encendido, la temperatura a la cual un combustible líquido produce vapores suficientes como para mantener la combustión una vez iniciada.

El **punto de ignición** suele estar unos pocos grados por encima del **punto de inflamación** (temperatura a la cual un combustible líquido emana vapores suficientes como para formar una mezcla inflamable con el aire alrededor de la superficie).

Sustancias combustibles e inflamables son aquellas que se pueden quemar. Es en función del punto de ignición o del punto de inflamación, generalmente, por lo que diferenciamos una sustancia combustible de otra inflamable.

De forma genérica puede decirse que:

- Una sustancia combustible es aquella que tiene un punto de ignición bajo y es capaz de mantener el fuego.
- Una sustancia inflamable es aquella sustancia combustible que tiene facilidad para emitir gases que ardan (inflamables). Esto sucede en función de:
 - El flujo de calor que recibe el material.
 - La constitución del material (la posibilidad de que los gases puedan salir al exterior).
 - El punto de inflamación del material.

6. TIPOS DE LOS INCENDIOS

Los incendios pueden clasificarse en función de multitud de parámetros.

La norma que regula la clasificación de los incendios es la EN 2 (antigua norma derogada UNE- 23010), y los clasifica:

- Según la naturaleza del combustible.
- Por la forma del foco.
- Por la superficie afectada.
- Por la situación o forma de manifestarse.

6.1. SEGÚN LA NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE

6.1.1. FUEGOS CLASE A

Son fuegos originados por combustibles sólidos que tienen un alto punto de fusión. Producen brasas y normalmente tienen origen orgánico, compuesto entre otros por carbono e hidrógeno (madera, carbón, paja, tejidos y, en general, materiales carbonáceos).

Estos fuegos retienen el oxígeno en su interior y forman brasa. Se denominan fuegos profundos.

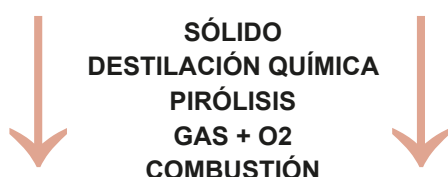
• Pirólisis

¿Arden los combustibles sólidos?

Los combustibles sólidos no arden. La llama es un fenómeno visible de la combustión en fase gaseosa; es decir, arden los vapores que se originan como consecuencia de la descomposición por el calor de los combustibles sólidos.

La pirólisis es una descomposición química de una materia producida por una elevación de la temperatura, sin reacción con el oxígeno.

En la pirólisis no interviene el oxígeno, ya que no hay todavía combustión. Al reaccionar los vapores que provienen de la pirólisis del combustible sólido con el oxígeno es cuando se produce la oxidación; es decir, la combustión.



La norma **ISO 13943** define la pirólisis como aquella parte del proceso de descomposición química irreversible causado por el incremento de la temperatura. La pirólisis puede estar acompañada por descomposición debida a otras acciones, por ejemplo ataques químicos.

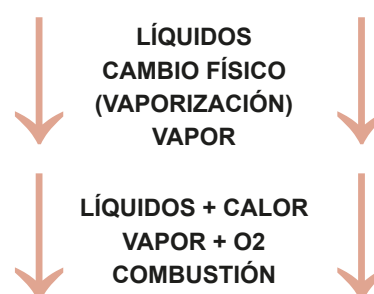
6.1.2. FUEGOS CLASE B

Provocados por combustibles líquidos o sólidos con bajo punto de fusión. Previamente debe tener lugar la evaporación. Se consideran líquidos también aquellos combustibles que, aun siendo sólidos, se licuan antes de alcanzar su temperatura de ignición (algunos plásticos). No producen brasas.

• Vaporización

¿Arden los combustibles líquidos?

Los combustibles líquidos no arden. La llama es un fenómeno visible de la combustión en fase gaseosa; es decir, arden los vapores generados por acción del calor.



6.1.3. FUEGOS CLASE C

Son los fuegos de gases; es decir, combustibles en fase gaseosa (no las combustiones de los gases producidos en la evaporación de los combustibles sólidos o líquidos). Producidos o generados por sustancias gaseosas, tales como propano, butano, metano, hexano, gas ciudad, gas de hulla, etc.


6.1.4. FUEGOS CLASE D

Son fuegos originados por metales. Es un tipo de fuego muy especial y de muy difícil y peligrosa extinción. Da lugar a reacciones químicas complejas y normalmente el fuego de este tipo de metales es capaz de desplazar el hidrógeno del agua, lo que provoca explosiones por combustión de este gas. Su extinción necesita agentes extintores específicos, ya que el uso del agua está prohibido en casi todos los casos. En algunas clasificaciones vienen denominados por la letra **M**.


6.1.5. FUEGOS CLASE F

Corresponde con la denominación Americana Clase **K**. Son fuegos originado por aceites de cocina y grasas.


Resumen de la “Clasificación de los fuegos” según la Normativa Europea de clasificación de incendios en función del combustible (EN 2: 1992):




A




B



C



D



F

CLASES DE FUEGO

Clase A: son los fuegos de materiales sólidos, generalmente de naturaleza orgánica, cuya combustión se realiza normalmente con formación de brasas.
Ejemplo: madera, carbón, tela, papel, cartón, paja, plástico, caucho, etc.

Clase B: son los fuegos de líquido o de sólidos licuables.
Ejemplo: gasolina, petróleo, alcohol, gasóleo, alquitrán, grasas, ceras, parafinas, etc.

Clase C: son los fuegos de gases.
Ejemplo: acetileno, butano, metano, propano, gas natural, gas ciudad, hidrógeno, propileno, etc.

Clase D: son los fuegos de metales.
Ejemplo: aluminio en polvo, potasio, sodio, magnesio, etc.

Clase F: son los fuegos derivados de la utilización de ingredientes para cocinar (aceites y grasas vegetales o animales) en los aparatos de cocina.

Se extingue la antigua clase **E** (fuegos eléctricos), no reconocida por la normativa vigente debido a que la electricidad no es un combustible. En este grupo quedaba incluido cualquier combustible que arda en presencia de cables o equipos eléctricos bajo tensión. Si esta no existiera (o se hubiera cortado la corriente), el combustible definiría la clase de fuego (generalmente pasa a ser de clase **A**).

6.2. POR LA FORMA DEL FOCO DE INCENDIO

Por la forma del foco o según la distribución de la materia, los incendios se pueden clasificar en:

- Foco plano.
- Foco vertical.
- Foco alimentado.

6.2.1. FOCO PLANO

Cuando el incendio se manifiesta sobre el plano horizontal con predominio dimensional sobre el vértice y la disposición del producto que arde no queda oculta a la observación directa del incendio desde cualquier punto (incendios de combustibles líquidos, charcas o sólidos dispersos y próximos).

6.2.2. FOCO VERTICAL

Cuando el incendio se manifiesta en varios planos horizontales o inclinados y verticales, o cuando varias zonas en combustión quedan ocultas a la observación (pacas de paja, apilamientos, etc.).

6.2.3. FOCO ALIMENTADO

Cuando el incendio plano o vertical es mantenido por la aportación de combustibles procedentes de depósitos no afectados, aljibes, pozos, tuberías, etc. (escapes de gas).

6.3. POR LA SUPERFICIE AFECTADA

Esta clasificación sólo es de utilidad en los incendios forestales. Se pueden especificar las siguientes clasificaciones:

Tabla 6. Clasificación por superficie afectada

GRADO	DENOMINACIÓN	SUPERFICIE EN LLAMAS
I	Hasta 4 m ²	Pequeño
II	De 4 a 10 m ²	Mediano
III	De 10 a 100 m ²	Grande
IV	De 100 a 1.000 m ²	De envergadura
V	De 1.000 a 5.000 m ²	De envergadura
VI	De 5.000 a 10.000 m ² (1 Ha)	De envergadura
VII	De 1 a 25 Ha	De envergadura
VIII	De 25 a 100 Ha	De envergadura
IX	De 100 a 500 Ha	De envergadura
X	Más de 5.000 Ha	De envergadura

A partir de 100 m² se considera de envergadura si la altura de las llamas es superior a la diagonal media de la superficie horizontal afectada. Si no se cumple esto último, el fuego se considera grande, aunque la superficie activa de llamas sea superior a 100 m².

6.4. POR LA FORMA EN QUE SE DESARROLLAN

6.4.1. EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE REACCIÓN

La velocidad de reacción es la cantidad de reactivos transformados en productos por unidad de tiempo. La velocidad de propagación de una llama es la velocidad de avance del frente de reacción; es decir, la velocidad lineal que separa la zona no destruida de los productos de reacción. Para el butano la velocidad de propagación es de 0,9 m/s y para el acetileno 14 m/s. En base a este parámetro las reacciones de oxidación-reducción se clasifican en:

- **Combustión lenta y muy lenta:** se conoce con el nombre de oxidación. La energía que desprende es muy pequeña y se disipa en el ambiente sin producir un aumento local de temperatura (no existe reacción en cadena). No hay emisión de luz y muy poca emisión de calor. Por ejemplo el amarilleado del papel sometido al calor, la oxidación del hierro, etc.
- **Combustión simple, normal o rápida:** en algunas bibliografías consideran rápida como instantánea o muy rápida. Son oxidaciones moderadamente rápidas, cuya velocidad del frente de reacción es apreciable visualmente y se mantiene inferior a 1 m/s. La energía desprendida es apreciable. Hay desprendimiento de calor, luz y llamas (fuego); una parte se disipa en el ambiente y otra se emplea en mantener la reacción en cadena y activar la mezcla comburente-combustible. Los incendios normales siguen esta combustión.
- **Combustión instantánea o muy rápida:** el caso más típico es la explosión. El término explosión se aplica de una forma genérica a aquellos fenómenos que conlleven la aparición de ondas de presión; es decir, cuando una combustión produce "sobrepresiones". Suelen causar fenómenos destructivos, pero no es condición indispensable para que se trate de explosión. Los especialistas en explosiones por reacción química denominan explosiones a las combustiones que por su velocidad de propagación ($> 1\text{ m/s}$) producen aumentos de presión, provoquen o no fenómenos destructivos. Las deflagraciones y detonaciones son por tanto consideradas explosiones. Generalmente las explosiones surgen si se permite que el combustible y el oxidante lleguen a mezclarse íntimamente antes de la ignición (existe una mezcla previa). En consecuencia, la reacción de la combustión avanza rápidamente porque no hay necesidad de poner en contacto previamente al combustible y al oxidante.

Explosiones

Las explosiones pueden ser deflagraciones o detonaciones.

a) Deflagraciones o combustiones deflagrantes

Son aquellas combustiones en las que la velocidad del frente de reacción es superior a 1 m/s, pero inferior a la velocidad del sonido ($< 340\text{ m/s}$ o subsónica) en el

medio en que se producen. Ya aparecen fenómenos de sobrepresiones como consecuencia de la generación de gases y de las temperaturas en la reacción. La onda de presión suele estar comprendida entre cinco y diez veces la presión original. Estas ondas se mantienen paralelas entre sí, sin discontinuidades, generando efectos sonoros.

Hay que tener en cuenta que estas presiones son sólo diez veces superiores a la inicial. Si el recinto estuviera cerrado y no se permitiera la liberación de sobrepresión, la deflagración podría convertirse en una detonación de consecuencias mucho más graves. Normalmente todas las explosiones que se producen son de tipo deflagración, porque siempre se rompe algún cristal, tabique, etc., que permite la evacuación de la presión de forma natural. Son ejemplos de deflagraciones los vapores de líquidos inflamables, las mechas lentas, etc.

b) Detonaciones o combustiones detonantes

Son combustiones muy rápidas o instantáneas en las que la velocidad de propagación del frente de reacción es superior a la velocidad del sonido en el medio ($> 340\text{ m/s}$ o supersónica). Las sobrepresiones que se originan están comprendidas entre veinte y cuarenta veces la inicial, incluso cien veces.

Aquí el frente de llamas acompaña y va a la misma velocidad que el frente de presiones. La detonación provoca efectos sonoros y destructivos muy superiores a la deflagración, y hay que tener en cuenta que en ambas se producen enormes elevaciones de temperatura, lo que provoca los incendios que normalmente acompañan a las explosiones. Son ejemplos de detonaciones las producidas por explosivos industriales detonantes y la combustión de mezclas aéreas de gases y vapores en especiales circunstancias.

6.4.2. EN FUNCIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL OXÍGENO

c) Combustión completa

La combustión es completa cuando el suministro de oxígeno es abundante (21%) y produce CO_2 y H_2O . El humo producido es blanco o gris pálido. El combustible se combina totalmente con el oxígeno sin dejar más productos residuales que anhídrido carbónico y vapor de agua.

d) Combustión incompleta

La combustión es incompleta cuando hay escasez de oxígeno (comburente) o existen partículas incombustibles y se produce CO y H_2O . El monóxido de carbono es ávido de oxígeno, lo que constituye una amenaza de explosión en caso de ventilación súbita del espacio. El humo producido es negro o muy oscuro y está muy caliente.

6.4.3. EN FUNCIÓN DE LA EMISIÓN O NO DE LLAMAS

La combustión con o sin llama está asociada a una determinada velocidad de reacción.

a) Combustión con llamas

Los líquidos y gases inflamables arden siempre con llama (la mayor parte de los plásticos sólidos pueden considerarse como líquidos inflamables solidificados, que como tales funden antes de su combustión). La llama está relacionada con velocidades de combustión relativamente altas.

Aproximadamente dos terceras partes del calor liberado del objeto quemado pasan al ambiente circundante en forma de calor, y una tercera parte en forma de radiación (que contribuye a la combustión). La energía liberada por el objeto y la temperatura del ambiente tienden a igualarse en función del tiempo. Si la temperatura ambiente es alta, el fuego aumenta, y si es baja, el fuego disminuye o se ralentiza.

b) Combustión sin llamas

Es el caso de algunos sólidos. El carbono puro y algunos metales fácilmente oxidables arden sin llama (magnesio, aluminio, zirconio, uranio, sodio, potasio, etc.) y con temperaturas característicamente altas que oscilan entre 1500 y 2000 °C. Se llama también incandescencia. No se produce reacción en cadena, por lo que se puede representar con el triángulo de fuego.

6.5. SEGÚN EL LUGAR DONDE SE DESARROLLAN

c) Fuegos interiores

Tienen lugar en el interior de los edificios sin manifestarse al exterior. Sin aporte de oxígeno, consumen el del interior creando brasas y una elevada presión de gases tóxicos y combustibles.



Imagen 18. Fuego interior

a) Fuegos exteriores

Los que tienen manifestación visible al exterior del edificio. Son los que se producen en los materiales del exterior del edificio o los que se originan en el interior y se manifiestan con llamas al exterior por puertas o ventanas. Se alimentan por el oxígeno del aire exterior, por lo que se propagan rápidamente.



Imagen 19. Fuego exterior

b) Por la actividad desarrollada en el recinto

Se asocian generalmente al tipo de peligro relacionado con el uso. En función del mismo se podrían considerar, entre otros:

- Viviendas y oficinas
- Industrias
- Garajes y aparcamientos
- Hospitales y residencias de 3ª edad
- Locales de espectáculos y reunión
- Comercios
- Almacenes
- Vía pública (mobiliario urbano, etc.)
- Recintos de gran volumen



Imagen 20. Fuego exterior en industria

6.6. POR SU MAGNITUD

6.6.1. CONATO

Es un pequeño incendio que puede ser sofocado rápidamente con extintores estándar. Es conveniente conocer cómo usar un agente extintor y conocer los tipos de extintores. Así se podrá extinguir un conato y evitar que se convierta en un incendio mucho más destructivo.

6.6.2. INCENDIO PARCIAL

Estos fuegos abarcan parte de una instalación, casa o edificio. Este fuego es muy peligroso y podría extenderse y descontrolarse, lo que lo convertiría en un incendio total. En estos casos ya no sirve enfrentarse al fuego con extintores. Hay que salir a una zona segura y esperar a los equipos de emergencia especializados.

6.6.3. INCENDIO TOTAL

Es el incendio que se encuentra totalmente fuera de control y afecta completamente a una casa, edificio o instalación. Es casi imposible combatirlo y lo que intentarán los bomberos es que no se extienda a otros edificios colindantes.

7. EVOLUCIÓN DE LOS INCENDIOS

Dentro de la evolución de un incendio se definen cuatro fases:

- Inicio
- Desarrollo
- Propagación
- Extinción

7.1. INICIO

Para que el fuego se inicie son esenciales combustibles, un comburente y una energía de activación.

Con los tres factores del fuego comienza el incendio, que produce una liberación de energía en forma de calor que es suficiente para mantener la reacción en cadena.

7.2. DESARROLLO

El incendio se desarrolla libremente porque el contenido de oxígeno posibilita la combustión completa de los materiales involucrados. La temperatura ambiente sube y, por radiación y conducción, se inflaman otros elementos que no estaban afectados por el fuego. La temperatura ambiente sube de forma acelerada (por ejemplo, en el techo de un cuarto puede superar los 700°). En poco tiempo empieza a disminuir la concentración de oxígeno en el aire. Cada vez se genera más monóxido de carbono, gas inflamable y asfixiante, así como otros gases inflamables que no combustionan por falta de oxígeno.

Es lo que se denomina fase latente del incendio. Esta fase es muy peligrosa, ya que anticipa la combustión súbita generalizada (CSG). La sobrepresión hará que salten cristales u otros elementos, de forma que se facilita la entrada de aire fresco y la aportación de oxígeno, que es lo que necesita el fuego latente para que se produzca la combustión.

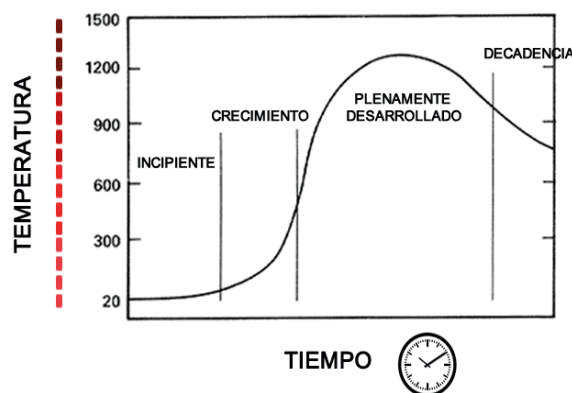


Imagen 21. Desarrollo incendio

7.3. PROPAGACIÓN

El incendio alcanza grandes dimensiones y en esta fase el calor se transmite por todos los medios. Por convección se generan corrientes de humo y gases calientes que buscan cualquier resquicio para continuar su camino. La radiación actúa de forma relevante en esta fase, ya que cuanto más calientes están los cuerpos más radiación se transmite.

7.4. EXTINCIÓN

Puede producirse de forma natural –si todo el combustible se agota porque ya se ha quemado, el incendio se apaga solo porque ya no hay nada que pueda arder–, aunque cuando se habla de extinción se hace referencia a la extinción provocada por la acción del hombre. En la actuación de los Bomberos se deben seguir unas pautas conocidas.

8. TRANSMISIÓN DE LOS INCENDIOS

Siempre que existe una diferencia de temperatura la energía (calor) se transfiere de la región de mayor temperatura a la de menor temperatura. Esta transmisión se puede definir como el paso de calor de los cuerpos más calientes a los que lo están menos, con el fin de estabilizar el sistema energético y conseguir un equilibrio de temperaturas.

La transferencia de calor determina la ignición, combustión y extinción de la mayoría de los incendios. La magnitud de la transferencia térmica es, por lo tanto, la cantidad de calor por unidad de tiempo.

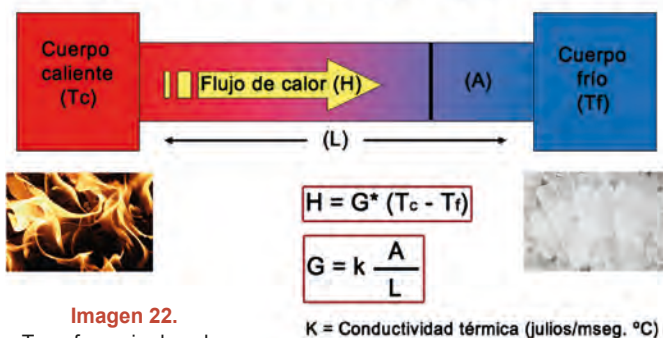
El calor se transmite por los tres métodos siguientes:

- Conducción.
- Convección.
- Radiación.

8.1. CONDUCCIÓN

La transferencia de calor por contacto molecular directo entre dos cuerpos –fundamentalmente sólidos aunque también se manifiesta en líquidos y gases– se llama conducción. Por ejemplo, una tubería de vapor en contacto con una pieza de madera transfiere su calor a la madera por contacto directo; en este ejemplo, la cañería es el conductor.

LEY DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN



Cuando un cuerpo se calienta las moléculas que reciben directamente el calor (energía) aumentan su vibración cuando chocan con las que la rodean, y transmiten energía cinética-calorífica a sus vecinas, y así sucesivamente a través del material. De esta forma la energía de la agitación térmica se transmite por el material de una partícula a otra aunque cada molécula permanezca en su posición inicial.

En el vacío absoluto no se transmite el calor por conducción, ya que es necesaria la existencia de materia para que haya conducción.

La conducción de calor a través del aire u otros gases es independiente de la presión, dentro del margen normal de presiones. Se acerca a cero solamente a presiones muy bajas.

Algunos de los factores que afectan a la conducción térmica son:

- La superficie (S) de contacto, que condiciona el contacto molecular entre dos materiales que se encuentran a diferente temperatura. A mayor superficie, mayor contacto molecular entre los cuerpos y mayor transferencia de calor del caliente al frío.
- La diferencia de temperaturas ($T_1 - T_2$), que implicará un mayor flujo de calor de un elemento a otro. La conducción del calor sólo tiene lugar cuando las distintas partes del cuerpo se encuentran a temperaturas diferentes.
- El espesor es un factor fundamental, ya que un mayor espesor de la materia fría supondrá una menor eficiencia del traspaso de calor por conducción.
- La relación superficie/volumen será mayor cuanto más fino esté dividido el combustible, y por lo tanto

sea mayor la posibilidad de paso del calor por conducción. Cuando hablamos de combustible forestal, por ejemplo, si el entramado de los arbustos y del resto de combustibles vegetales es muy cerrado, el traspaso de calor por convección o contacto molecular entre ellos será mayor, y mayor la eficiencia del paso de calor por conducción.

- La conductividad térmica (K), o capacidad de conducción del calor de una materia, es la medida del valor del flujo de calor a través de una unidad de superficie de material con un gradiente unidad de temperatura. Gradiente de temperatura, en unidades, significa que en la dirección del flujo de calor la temperatura cae un grado por unidad de distancia. La unidad típica de conductividad térmica es el $J / (cm \cdot seg. ^\circ C)$. La conductividad térmica es una propiedad física de cada sustancia y puede variar ligeramente en función de la temperatura y de las características particulares del material, como por ejemplo la humedad.
- Cuanto mayor es el grado de disgregación (menor densidad) de la materia, menor es la capacidad de conducción. El calor se transmite mejor en los sólidos que en los líquidos, y en los líquidos mejor que en los gases. Los mejores aislantes térmicos comerciales consisten en pequeñas partículas o fibras de sustancias sólidas cuyos intersticios están ocupados por aire.
- El calor específico de un material es la cantidad de calor que absorbe para elevar su temperatura un $^\circ C$. De forma que cuanto mayor sea el calor específico de la materia fría, más calor tendrá que suministrarle la materia caliente para alcanzar el equilibrio de temperaturas; o lo que es lo mismo, más se tardará en alcanzar ese equilibrio.

8.2. CONVECCIÓN

En un medio fluido circulante (gas o líquido) el calor se transmite por convección.



La convección es la forma en que se transmite el calor en los líquidos y en los gases cuando las masas calientes de aire ascienden y las frías descienden. Es decir, cuando un líquido o un gas se calienta se expande, y así se vuelve menos denso y tiende a subir de nivel y desplazar el volumen más frío (y con más oxígeno) hacia abajo.

Como en la conducción, debe existir materia para que sea posible la convección.

El fenómeno está regulado por la diferente densidad del fluido según su temperatura, y el resultado final es el equilibrio térmico de un sistema perfectamente aislado, en reposo. De este modo, si dos sólidos están envueltos por un fluido, tienden a igualar sus temperaturas por convección.

Así, el calor generado por una estufa es distribuido por una habitación calentando el aire inmediato por conduc-

ción. La circulación del aire caliente por toda la habitación lleva el calor, por convección hasta los puntos más distantes, y el calor del aire se transmite a los objetos por conducción (una estufa caliente por convección y conducción).

El aire caliente se expande y se eleva, y por esta razón la transferencia de calor por convección ocurre en sentido ascendente. En la mayoría de los casos el calor que se está transmitiendo por convección tendrá una dirección vertical. Es posible que el aire pueda llevarlo en cualquier otra dirección, y puede conseguirse que las corrientes de aire transfieran el calor por convección en muchas direcciones, por ejemplo utilizando un ventilador o soplante.

La convección convierte los combustibles aéreos en disponibles y es la responsable de que los incendios de superficie puedan transformarse en fuegos de copas en el caso forestal.

El aire caliente, al ascender, deja un vacío que es llenado por aire fresco, y realimenta con oxígeno el foco calorífico. Además, el aire caliente puede arrastrar partículas en ignición (pavesas o ascuas) y contribuir así a la propagación del fuego.

La expansión de un fuego por convección probablemente tiene más influencia que los otros métodos a la hora de definir la estrategia de intervención.

La transmisión del calor por convección tiene varias aplicaciones: se usa en calentadores de agua, chimeneas, ventiladores y extractores de aire, etc.

Los principales factores que afecta a la transmisión de calor por convección son:

- Las variaciones de la densidad del gas (aire) o fluido que experimenta con los cambios de temperatura.
- La pendiente. El efecto combinado de la convección y de la pendiente acelera la desecación y calentamiento de los combustibles situados por encima del foco calorífico, lo que favorece la propagación cuesta arriba del fuego. Por el contrario cuesta abajo la convección no funciona, y se transmite calor solamente por radiación. Debido a ello, el fuego progresa mucho más lento cuesta abajo.
- La compacidad de la capa de combustibles. En una capa muy compacta la convección no actúa, al haber muy poco aire interpuesto.

8.3. RADIACIÓN

La radiación es una forma de energía que se desplaza a través del espacio o de los materiales en forma de ondas electromagnéticas, como la luz, las ondas de radio o los rayos X.



La radiación es el proceso de transmisión del calor por medio de ondas electromagnéticas, que se propaga de un cuerpo a otro tanto en un medio material como en ausencia de este, como por ejemplo el calor del sol, que atraviesa el espacio y calienta la tierra.

Todas las formas de energía radiante se propagan en línea recta a la velocidad de la luz (en el vacío) y en dirección radial y sentido hacia el exterior considerando el foco de origen. Al tropezar con un cuerpo, son absorbidas, reflejadas o transmitidas.

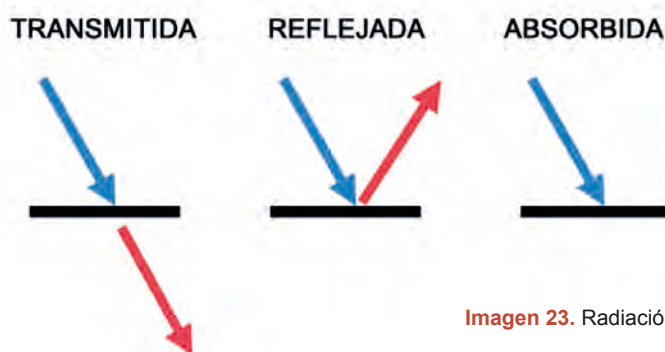


Imagen 23. Radiación

El calor radiado viaja por el espacio hasta ser absorbido por un cuerpo opaco.

Las emisiones resultantes de un proceso de combustión ocupan principalmente la región del infrarrojo (longitudes de onda superiores a la longitud de onda del rojo). Nuestros ojos ven solamente una fracción mínima emitida en la región visible.

Un ejemplo corriente de radiación es la llama de una vela. El aire calentado por la llama se eleva mientras el aire frío se mueve hacia abajo en dirección a la llama para alimentarla con oxígeno, lo que mantiene la combustión. Si se acerca la mano a la llama se experimenta una sensación de calor. Esta energía se denomina radiación o calor radiante.

