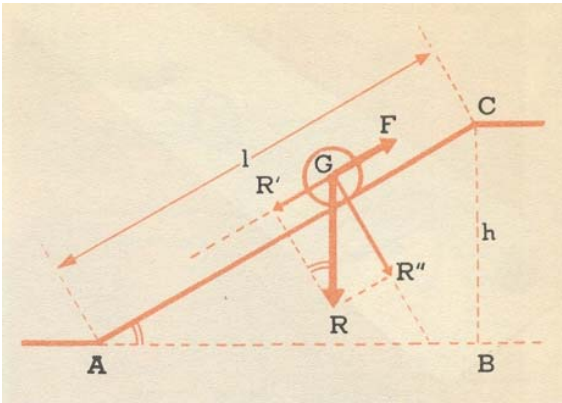
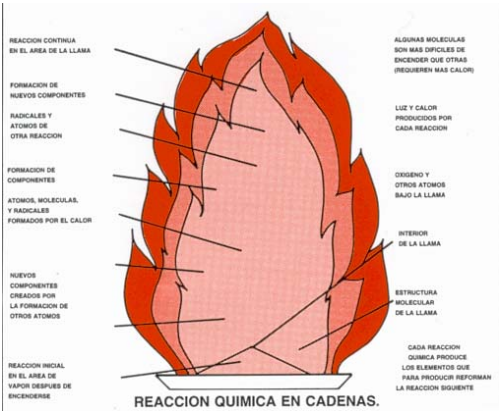


CONSEJO PROVINCIAL DE CAPACITACION DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES



ASIGNATURA III-1: FÍSICA Y QUIMICA

ASIGNATURA III-1: FÍSICA Y QUÍMICA

PLAN DE CLASES

Contenido del Curso

TEMA 1- DEFINICIONES Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES.

Átomos. Moléculas. Fórmula química. Número atómico. Peso atómico. Peso molecular. Molécula - gramo. (mol). Peso específico. Densidad relativa de un gas. Flotación. Presión de vapor y punto de ebullición. Densidad relativa vapor - aire. Reacciones endotérmicas y exotérmicas.

TEMA 2- COMBUSTION.

1. REACCIONES OXIDANTES. Ignición provocada y auto - ignición.
2. EXPLOSIONES. Límites de inflamabilidad. Punto de inflamación.
3. CATALIZADORES, INHIBIDORES Y CONTAMINANTES.
4. MATERIALES ESTABLES E INESTABLES.

TEMA 3- PRINCIPIOS DEL FUEGO.

1. INTRODUCCION.
2. IGNICION Y COMBUSTION.
3. INFLAMABILIDAD DE COMBUSTIBLES DE ALTO PUNTO DE INFLAMACION :Calor de combustión. Oxidante estequiométrico. Calor de gasificación. Inflamabilidad (provocada). Formación de carbón. Formación de hollín. Inhibidores. Fusión. Toxicidad. Geometría.
4. PRINCIPIOS DE INFLAMABILIDAD.

TEMA 4 - MEDIDA DEL CALOR.

1. UNIDADES DE TEMPERATURA. Grado Celsius. Grado Kelvin. Grado Fahrenheit. Grado Rankine.
2. UNIDADES DE CALOR. Joules. Calorías. Unidad térmica británica (Btu).
3. MEDICION DE TEMPERATURAS. Termómetros de expansión o dilatación de líquidos. Termómetros bimetalicos. Fusión de sólidos. Termopares. Pirómetros.
4. CALOR ESPECIFICO.
5. CALOR LATENTE

TEMA 5 - TRANSMISION DEL CALOR.

1. CONDUCCION.
2. CONVECCION.
3. RADIACION.

TEMA 6 - FUENTES DE ENERGÍA CALORIFICA O FUENTES DE IGNICION.

1. ENERGÍA CALORIFICA QUIMICA. Calor de combustión. Calentamiento espontáneo. Calor de descomposición. Calor de dilución.
2. ENERGÍA CALORIFICA DE ORIGEN ELECTRICO. Calentamiento por resistencia. Calentamiento dieléctrico. Calentamiento por inducción. Calentamiento originado por corrientes de fuga. Calentamiento debido al arco eléctrico. Calentamiento por electricidad estática. Calor generado por el rayo.
3. ENERGÍA CALORIFICA DE ORIGEN MECANICO. Calor generado por fricción. Chispas producidas por fricción. Calor por compresión.
4. ENERGÍA CALORIFICA DE ORIGEN NUCLEAR.

TEMA 7 - FISICA.

1. PALANCA. Condiciones de equilibrio Palanca de 1º, 2º y 3º Género.
2. FUERZA DE GRAVEDAD: Atracción. Aceleración.
3. FUERZA: Trabajo. Energía. Potencia. Inercia.
4. ROZAMIENTO: Horizontal. Plano inclinado.
5. POLEAS: Fija. Móvil.
6. APAREJOS: Potencial. Factorial. Diferencial.
7. TORNO

QUIMICA Y FISICA DEL FUEGO

TEMA 1 - DEFINICIONES Y PROPIEDADES FUNDAMENTALES.

- **Átomo:** Partícula fundamental de la composición química de la materia, de dimensiones muy reducidas. Está formado por un núcleo compacto alrededor del cual se mueven los electrones (carga negativa). El núcleo está formado por protones (carga positiva) y neutrones (sin carga). Las sustancias cuyos electrones externos estén débilmente unidos, son buenos conductores térmicos y eléctricos. Las que tienen electrones mas rígidamente unidos son buenos aislantes porque no permiten la transmisión. Las sustancias formadas por una sola clase de átomos se llaman elementos; las formadas por dos o mas clases, elementos.
- **Moléculas:** Combinación de un grupo de átomos.
- **Fórmula química:** Expresa el número de átomos de los distintos elementos en la molécula.
- **Número atómico:** Número de electrones o protones de un átomo en particular, determina el lugar que ocupa en la Tabla Periódica.
- **Peso atómico:** Es el peso comparado de un átomo.
- **Peso molecular:** Es la suma de los pesos de todos los átomos que constituyen la molécula. El sub-exponente que sigue al símbolo de cada átomo en las fórmulas químicas, indica el número de átomos que de tal elemento existen en cada molécula del compuesto.
- **Molécula - gramo (mol):** Cantidad de sustancia cuyo peso expresado en gramos es igual numéricamente a su peso molecular.
- **Peso específico:** Relación entre el peso de una materia sólida o líquida con el peso de un volumen igual de agua. Un centímetro cúbico de agua, a 4 grados centígrados, pesa un gramo.
- **Densidad relativa de un gas:** Constituye la relación entre el peso de un gas y el peso de un volumen igual de aire seco a la misma temperatura y presión.

$$Dr = \frac{\text{peso molecular}}{29}$$

29

29 = peso molecular compuesto del aire seco.

- **Flotación:** Es el peso ascendente ejercido por el fluido circundante sobre un cuerpo o volumen de fluido. Si la flotación es positiva, indica que es más liviano que el fluido circundante y presentará un empuje ascendente. Si es negativa, es mas pesado y descenderá. La flotación depende del peso molecular (densidad relativa del gas) y de su temperatura. Un gas inflamable cuya densidad relativa sea superior a 1, tiende a descender a un nivel inferior y puede recorrer distancias grandes y alcanzar focos de ignición distantes. Un gas es más ligero cuanto mayor sea su temperatura, la densidad es menor. Por esta razón, los productos de la combustión tienden a elevarse.
- **Presión de vapor y punto de ebullición:** Dependiendo de su temperatura interior, las moléculas de un líquido se encuentran en constante movimiento y se escapan de la superficie libre del líquido hacia el espacio superior. Algunas quedan en ese espacio y otras colisionan con la superficie del líquido, entrando a formar parte de él nuevamente. Si el líquido se encuentra en un recipiente abierto, las moléculas escapadas (vapor), se alejan de la superficie, el líquido se evapora. Si se encuentra en un recipiente cerrado, el movimiento de dispersión queda limitado al espacio del líquido. En este último caso, al aumentar el número de moléculas que chocan contra la superficie del líquido y vuelven a entrar en él, se llega a un punto de equilibrio en el que la cantidad de moléculas escapadas iguala a las que vuelven a entrar. La presión ejercida por el vapor que se escapa en este punto de equilibrio, constituye la denominada presión de vapor, que se mide en libras absolutas por pulgada cuadrada o kilo pázcales. La presión absoluta es igual a la fuerza total ejercida sobre cada unidad de superficie. Para expresarla se utilizan fracciones o múltiplos de la presión atmosférica o altura de una columna de líquido (generalmente mercurio) que equilibre la presión absoluta. Al utilizar manómetros se agrega la presión atmosférica a la presión medida (760 mm de mercurio, Hg). Al aumentar la temperatura del líquido, su presión de vapor se aproxima a la presión atmosférica; cuando la iguala, se produce la ebullición. Otros factores variables que

afectan la tasa real de evaporación del líquido en contacto con el aire son: la temperatura atmosférica, la circulación del aire, el calor específico y el calor latente de evaporación.

- **Densidad relativa vapor - aire:** Es el peso de una mezcla de vapor y aire como resultado de la vaporización de un líquido inflamable, en condiciones de equilibrio de temperatura y presión, comparado con el peso de un volumen igual de aire en idénticas condiciones. La densidad de la mezcla vapor - aire depende:

- de la temperatura ambiente.
- de la tensión del vapor de dicho líquido a la temperatura dada.
- del peso molecular del líquido.

A temperaturas muy inferiores al punto de ebullición de un líquido, la presión de vapor de dicho líquido puede ser tan baja, que la mezcla vapor aire, formada casi exclusivamente por aire, tenga una densidad muy próxima a la del aire puro, es decir, próxima a la unidad. Al aumentar la temperatura del líquido hasta la temperatura de ebullición, aumenta la velocidad de vaporización y el vapor desplaza al aire circundante de modo que la velocidad relativa de la mezcla vapor - aire se aproxima a la densidad relativa del vapor puro.

Las mezclas de vapor - aire cuya densidad sea bastante superior a la del aire a temperatura ambiente, descenderá a niveles más bajos. Por otra parte, la difusión de la mezcla debido a las corrientes de convección

Limitan la distancia que recorren las mezclas cuyas densidades sean próximas o inferiores a 1.

La densidad de una mezcla vapor - aire a temperatura ambiente puede calcularse como sigue:

P = presión ambiente.

P = presión de vapor de la sustancia a temperatura ambiente.

s = densidad relativa de su vapor puro.

Dva = densidad de la mezcla vapor - aire.

$$(dva) = \frac{ps}{P} + \frac{P - p}{P}$$

$\frac{ps}{P}$ = aportación del vapor a la densidad relativa de la mezcla.

$\frac{P - p}{P}$ = aportación de aire.

Ejemplo: calcular la densidad de la mezcla vapor - aire, a 37,8 grados centígrados, y a presión atmosférica, para un líquido inflamable cuya presión de vapor, a esa temperatura es 76 mm de mercurio o 1/10 de la presión atmosférica.

$$Dva = \left(\frac{76}{760} \right) (2) + \frac{760 - 76}{760} = 0,2 + 0,9 = 1,1$$

- **Reacciones químicas endotérmicas y exotérmicas:** Calor de reacción, es la energía absorbida o emitida durante una reacción. En las reacciones endotérmicas, las sustancias nuevas formadas contienen mas energía que los materiales reaccionantes, por lo tanto, hay absorción de energía. Aunque la energía puede adoptar formas muy variadas, las reacciones químicas absorben o liberan energía, generalmente en forma de calor.

TEMA 2 - COMBUSTION.

LA COMBUSTION ES UNA REACCION EXOTERMICA AUTOALIMENTADA CON PRESENCIA DE UN COMBUSTIBLE EN FASE SÓLIDA, LIQUIDA Y/O GASEOSA.

El proceso está generalmente asociado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico, con emisión de luz. Los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan antes de arder, aunque a veces un sólido puede arder directamente en forma de incandescencia o rescoldos. La combustión de una fase gaseosa generalmente se produce con llama visible. Una combustión confinada con una súbita elevación de presión, constituye una explosión.

1. REACCIONES OXIDANTES.

Las reacciones oxidantes relacionadas con los incendios son exotérmicas, el calor es uno de sus productos. Una reacción de oxidación exige la presencia de un material combustible y de un agente oxidante.

Combustible es toda sustancia que no ha alcanzado su máximo estado de oxidación. La posibilidad de oxidar mas a un material depende de sus propiedades químicas: cualquier material formado principalmente por Carbono e Hidrógeno, puede ser oxidado. La mayoría de los combustibles orgánicos sólidos y de los líquidos y gases inflamables, contienen porcentajes importantes de Carbono e Hidrógeno.

El oxígeno del aire es el material oxidante mas frecuente. El Oxígeno constituye aproximadamente la quinta parte del aire, y el Nitrógeno las cuatro quintas partes restantes.

Entre los agentes oxidantes poco frecuentes pero que podemos encontrar en los incendios, tenemos productos químicos que pueden liberar fácilmente oxígeno en condiciones favorables, como ser el Nitrato Sódico (NaNO_3) y el Clorato Potásico (KClO_3).

Algunos materiales combustibles, como el material plástico a base de piroxilina, contienen oxígeno combinado en sus moléculas, de modo que pueden mantener una combustión parcial sin aportación externa de oxígeno.

También puede haber combustión en casos especiales, en atmósferas de Cloro, Dióxido de Carbono, Nitrógeno y algunos otros gases sin la presencia de oxígeno. Por ejemplo: el polvo de circonio puede inflamarse en Dióxido de Carbono.

- **Ignición provocada y auto ignición.**

La ignición constituye el fenómeno que inicia la combustión autoalimentado. La ignición producida al introducir una pequeña llama externa, chispa o brasa incandescente, constituye la **ignición provocada**. Si no la provoca un foco externo, se denomina **auto ignición**.

La temperatura mínima que necesita alcanzar una sustancia para inflamarse representa la **temperatura de ignición**. La **temperatura de auto ignición** de una sustancia es mucho mayor que la temperatura de ignición provocada.

Para que las moléculas del combustible y del oxígeno puedan reaccionar químicamente produciendo calor, hay que excitarlas de forma que alcancen un cierto grado de actividad. Esta actividad puede provocarse mediante otras moléculas excitadas por una llama o chispa cercana, o elevando la temperatura general. Al comenzar la reacción química, el combustible y el oxígeno producen otras moléculas excitadas, así como calor. Si la cantidad de combustible y de oxígeno es suficiente y el número de especies excitadas es también adecuado, la reacción adopta la forma de una reacción en cadena, dado que la velocidad de producción de moléculas activadas supera la tasa natural de desactivación.

Una vez iniciada la ignición, continuará hasta consumir todo el combustible u oxidante existente, o hasta que las llamas se apaguen por enfriamiento, por disminución del número de moléculas excitadas o por otras causas.

En general, una ignición autoalimentado puede tener lugar sólo en situaciones capaces de mantener la combustión autoalimentado. Por ejemplo: si la presión ambiente o la concentración ambiente del material oxidante no es suficiente para mantener la combustión, tampoco bastará para la ignición.

La reacción con llama, en la mayoría de los combustibles sólidos y líquidos, comienza en fase de vapor o gas. Algunas excepciones son el carbón puro, algunos metales y ciertos rescoldos que sufren una oxidación superficial directa del sólido.

La mayoría de los sólidos y líquidos necesitan previamente una cantidad de energía térmica suficiente para convertir parte del combustible en vapor y producir una mezcla combustible en fase gaseosa. En estos casos, es posible conocer la temperatura mínima

del sólido o líquido que producirá una mezcla combustible cerca de la superficie del combustible.

Esta temperatura mínima se denomina **temperatura de ignición provocada**, dado que necesitamos un agente externo que provoque la ignición de la mezcla gaseosa. En los líquidos inflamables, se denomina **temperatura de inflamación**.

En la práctica, la temperatura necesaria para provocar la ignición de sólidos y líquidos puede estar condicionada por:

- **el caudal de aire (oxidante).**
- **el grado de calentamiento.**
- **tamaño y forma del sólido o líquido.**

En general, las temperaturas de ignición de las mezclas gaseosas depende de la composición, presión ambiente, volumen de la mezcla, forma del recipiente y la naturaleza y energía del agente que provoca la ignición.

Cada mezcla de aire - combustible posee una presión mínima específica, los valores inferiores a esta presión no permiten la ignición.

Al aumentar la temperatura, la cantidad de energía necesaria para provocar la ignición de la mezcla es cada vez menor y, cuando alcanza un nivel suficientemente elevado, la mezcla arde espontáneamente. Esta temperatura es la **temperatura de auto ignición o inflamación espontánea**. Las temperaturas de auto ignición, observadas en ciertas condiciones, pueden variar mucho, al cambiar las condiciones.

Además de la composición y la presión, las temperaturas de auto ignición de los líquidos y gases inflamables dependen, entre otras variables de:

- **de la forma y lugar del espacio donde tiene lugar la ignición.**
- **del grado y duración del calentamiento.**
- **de la clase y temperatura de la fuente de ignición.**
- **de los efectos catalíticos o de otra clase ejercidos por materiales que pueden estar presentes.**

2. EXPLOSIONES.

Las explosiones se producen en situaciones donde el combustible y el agente oxidante se mezclan íntimamente antes de la ignición. En consecuencia, la reacción de la combustión progresa con gran rapidez al no existir la necesidad previa de mezcla.

Si se confinan gases premezclados, su tendencia a la expansión durante la combustión, puede provocar una súbita elevación de la presión y dar lugar a una explosión.

Los incendios generalmente se producen en situaciones en que la mezcla de combustible y oxidante se controla por el propio proceso de combustión. Como resultado, la velocidad de combustión por unidad de volumen es muy inferior y no se produce el rápido aumento de presión que caracteriza a las explosiones.

Para que surja la ignición, la concentración de combustible en cada atmósfera oxidante tiene que ser la adecuada. Una vez iniciada ésta, necesita la aportación continuada de combustible - oxidante para que continúe la combustión.

En los casos de gases, vapores, nieblas formadas por pequeñas gotas de líquido, espumas o polvos sólidos (todos ellos combustibles), la atmósfera formada puede contener mezclas de dos clases: mezclas homogéneas (uniformes) y heterogéneas (no uniformes). La mezcla homogénea es la formada por componentes mezclados de manera íntima y uniforme de modo que una pequeña muestra representa la totalidad de la mezcla. La composición de la mezcla homogénea inflamable fluctúa entre los límites de la inflamabilidad del gas o vapor, niebla, espuma o polvo combustible, contenido en la atmósfera del lugar, a presión y temperatura determinada.

3. LIMITES DE INFLAMABILIDAD.

Son los límites máximo y mínimo de la concentración de un combustible dentro de un medio oxidante, por lo que la llama, una vez iniciada, continúa propagándose a presión y temperatura especificadas.

Por ejemplo: las mezclas aire - hidrógeno, permiten la propagación de la llama si la concentración de hidrógeno se encuentra entre el 4 y el 74% en volumen, 21 grados centígrados y a presión atmosférica. La cifra menor, es el **límite mínimo** (mezcla pobre), y la mayor, el **límite máximo** (mezcla rica) de la inflamabilidad.

Al aumentar la temperatura de la mezcla, se ensancha el margen de inflamabilidad; al disminuir la temperatura, el margen se estrecha.

Al variar la temperatura, la mezcla inflamable puede dejar de serlo al quedar situada por encima o por debajo de los límites de inflamabilidad, según las condiciones ambientales.

Si los combustibles líquidos están en equilibrio con sus vapores en el aire, cada combustible presenta una **temperatura mínima** por encima de la cual hay vapor en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable de vapor - aire. Así mismo, hay una **temperatura máxima** por encima de la cual la concentración del vapor combustible es demasiado elevada para propagar la llama.

Estas temperaturas se denominan **temperaturas mínima y máxima de inflamación en el aire**. Si las temperaturas son inferiores a la temperatura mas baja de inflamación, el vapor del combustible en la fase gaseosa no es suficiente para permitir la inflamación homogénea.

Las temperaturas de inflamación de un líquido combustible aumentan al hacerlo la presión ambiente.

4. PUNTO DE INFLAMACION.

Es la temperatura más baja que necesita un líquido contenido en un recipiente abierto para emitir vapores en proporción suficiente para permitir la combustión continuada. Esta temperatura es generalmente superior en unos cuantos grados a la temperatura más baja de inflamación.

En los combustibles usuales, la velocidad mínima de producción de vapores necesaria para permitir la combustión oscila alrededor de 4 gramos por metro cuadrado por segundo. El fuego puede propagarse sobre líquidos cuyas temperaturas son muy inferiores a sus temperaturas de inflamación mas bajas, si existe previamente un foco de ignición que caliente una zona por encima de la temperatura de ignición o punto de inflamación.

5. CATALIZADORES, INHIBIDORES Y CONTAMINANTES.

Catalizador es una sustancia cuya presencia, aún en pequeña cantidad, incrementa fuertemente la velocidad de una reacción, pero sin experimentar en sí misma ningún cambio tras la reacción. Por ejemplo: la pequeña cantidad de platino existente en el convertidor catalítico de un automóvil, que es responsable de la total consumición del combustible residual, sin que aquel experimente variación alguna.

Inhibidores, se les llama también estabilizadores. Son productos químicos que pueden agregarse en pequeñas cantidades a una materia inestable para impedir una reacción vigorosa. Los materiales ignífugos actúan generalmente como inhibidores. Por ejemplo: al agregar a los materiales de plástico pequeñas cantidades de compuestos de cloro o bromo, se reduce su inflamabilidad.

Contaminantes, son materiales extraños, que una sustancia no contiene normalmente y que pueden llegar a actuar como catalizadores o participar por si mismos en una reacción potencialmente peligrosa. Algunos contaminantes inertes, mezclados en cantidad suficiente con algunos materiales plásticos, pueden reducir significativamente su capacidad de inflamación.

6. MATERIALES ESTABLES E INESTABLES.

Materiales estables son aquellos que normalmente no experimentan cambios en su composición química aunque estén expuestos al aire, agua, calor, golpes o presiones. Pero pueden arder como la mayoría de los sólidos.

Los materiales inestables, son aquellos que expuestos al aire, agua, calor, golpes o presiones, se polimerizan, descomponen, condensan o reaccionan por si mismos. Por ejemplo: el acetileno.

TEMA 3 - PRINCIPIOS DEL FUEGO.

1. INTRODUCCION.

Se dispone actualmente de conocimientos técnicos sobre las características de la ignición, combustión y propagación del fuego en los materiales combustibles. Son distribuciones geométricas muy sencillas, por lo que no permiten pronosticar adecuadamente la probabilidad de la ignición y el incendio resultante en situaciones reales. No obstante, estos conocimientos proporcionan una información muy útil.

Se dispone de gran cantidad de información sobre las llamas que producen las mezclas preparadas, gracias a las ventajas que ofrecen los experimentos en condiciones controladas.

Se conocen los límites de inflamabilidad y velocidades de combustión de la mayoría de las mezclas mas comunes de vapor y gas. (Zabetakis, 1965).

Se puede calcular con exactitud las velocidades de combustión de las mezclas simples de hidrocarburos y aire en función de sus múltiples reacciones químicas individuales. (Westbrook and Dryer, 1981).

Otras situaciones sencillas son la combustión constante de gotas de combustible o pequeñas muestras de plásticos simples. En estos casos, la combustión ocurre en llamas de difusión laminar de una fase gaseosa donde la combustión depende del caudal de combustible y aire aportado.

Los incendios se diferencian de las explosiones, en que surgen en casos en que el combustible y el oxidante no están previamente mezclados. La velocidad de combustión está limitada, mas por el aporte de combustible y aire al fuego, que por la velocidad de reacción química básica que tiene lugar en el seno de las llamas. Esta velocidad de reacción es generalmente tan rápida, que consume todo el combustible y el material oxidante disponible para alimentar la reacción en poco tiempo.

En los incendios, el proceso básico de la combustión en fase gaseosa tiene lugar en finas llamas laminares, denominadas "llamas difusoras", que separan las zonas ricas en vapores combustibles de las regiones ricas en material oxidante. El material combustible y el material oxidante avanzan por difusión hacia esas llamas laminares donde se combinan y originan productos de combustión y calor que a su vez se alejan de aquellas por difusión.

Si las llamas difusoras son pequeñas - por ejemplo la llama de una cerilla o una vela - generalmente presentan un aspecto uniforme y constante. Son las llamadas llamas de difusión laminar. Si el incendio aumenta, las llamas pierden estabilidad y zigzaguean en busca de mas combustible u oxidante. Finalmente, al aumentar el fuego, el movimiento de las llamas alcanza características verdaderamente desordenadas, pasando a denominarse en este caso, llamas de difusión turbulenta.

Se han logrado conocimientos sobre pequeños fuegos con presencia de llamas de difusión laminar. Por ejemplo: se puede calcular velocidades de propagación de llamas (Williams, 1977) y velocidades de combustión estacionarias (Kim, 1971) de pequeños combustibles sólidos en términos de propiedades básicas de combustión de formas geométricas sencillas pero variadas (superficies planas o lisas, cilindros, etc.). En estos casos, las velocidades de combustión dependen de la transferencia del calor por las corrientes de convección desde la llama hasta el combustible sólido que, en consecuencia, se gasifica y suministra vapores combustibles a las llamas. La corriente ascendente suministra el oxidante (aire) a las llamas. La corriente ascendente puede además, aumentar la transmisión de calor por convección de las llamas al combustible sólido.

Si hay propagación de la llama, la velocidad de propagación depende del calor que las llamas transmiten hacia adelante y de los materiales combustibles que todavía no arden y que necesitan calentarse previamente para suministrar vapores combustibles a las llamas.

Los fenómenos de las llamas de difusión turbulenta en incendios importantes son menos conocidos, debido a que resulta difícil describir el movimiento turbulento de un gas y la radiación de la llama, que es generalmente la forma dominante de transmisión del calor en estos incendios.

La experiencia y las medidas que han podido tomarse demuestran el destacado papel que la radiación de la llama juega en los incendios de grandes dimensiones, alterando incluso el orden relativo de inflamabilidad de los combustibles, en comparación con el que presentan a escala inferior.

2. IGNICION Y COMBUSTION.

Para describir los diferentes fenómenos físicos y químicos existentes en los incendios, se analiza la ignición, combustión y la eventual extinción de un tablón de madera en una situación típica, por ejemplo: una chimenea (Browne, 1958).

- Hay que suponer que el tablón experimenta un calentamiento inicial por radiación. Conforme la temperatura superficial se va aproximando a la temperatura de ebullición del agua, la madera empieza a desprender gases, principalmente vapor de agua. Estos gases iniciales tienen muy poco o nulo vapor combustible, pero al incrementarse la temperatura y sobrepasar la de ebullición del agua, el proceso de “dsecación” avanza hacia el interior de la madera.
- Al continuar el calentamiento y acercarse la temperatura a 300 grados centígrados, se aprecia una modificación del color, visualización de la pirolisis que se inicia, es decir, la descomposición química que sufre la materia por efecto del calor. Al pirolizarse la madera, desprende gases combustibles y deja un residuo carbonoso negro, denominado carbón vegetal. La pirolisis profundiza en el tablón de madera a medida que el calor continúa actuando.
- Inmediatamente después de comenzar la pirolisis activa, la madera produce rápidamente suficientes gases combustibles como para alimentar una combustión en fase gaseosa. Sin embargo, para que surja la combustión, hace falta una llama que la provoque o algún foco que produzca moléculas químicamente activas en cantidad suficiente para alcanzar la ignición provocada. Si no existe este agente provocador, la superficie de la madera a menudo necesita alcanzar temperaturas mucho mas elevadas para que aparezca la auto ignición.
- Una vez producida la ignición, una llama difusora cubre rápidamente toda la superficie pirolizada. La llama difusora evita el contacto directo entre la superficie pirolizada y el oxígeno. Entre tanto, la llama calienta la superficie del tablón y produce un aumento en la velocidad de la pirolisis. Si retiramos el foco original que proporciona el calor radiante al producirse la ignición, la combustión continúa siempre que el tablón de madera sea bastante delgado (inferior a $\frac{3}{4}$ de pulgada, 1,9 cm.). En caso contrario, las llamas se apagan porque la superficie del tablón pierde demasiado calor por radiación térmica y por conducción hacia su interior. Si existe una superficie de madera (o material aislante) paralela y contigua situada frente al tablón inflamado, puede captar y devolver gran parte de la pérdida de radiación superficial, de modo que el tablón inflamado continúe ardiendo aunque retiremos el foco de calor inicial. Esto explica porqué no podemos quemar un solo tronco en la chimenea, sino varios, capaces de captar las pérdidas de calor radiante unos de los otros.
- El grosor de la capa carbonizada aumenta al continuar la combustión. Dicha capa, que posee buenas propiedades de aislante térmico, limita el caudal de calor que penetra hacia el interior de la madera y, por lo tanto, tiende a reducir la intensidad de la pirolisis, la cual disminuye también al agotarse el volumen de madera sin pirolizar. Al disminuir la intensidad de la pirolisis hasta que no puede mantener la combustión de la fase gaseosa, el oxígeno del aire entra en contacto directo con la capa carbonizada y facilita que continúe directamente la combustión incandescente si las pérdidas de calor radiante no son demasiado elevadas.
- El análisis anterior presupone un caudal de aire abundante, pero no excesivo, para alimentar la combustión. Si el caudal de oxidante no es suficiente para quemar el vapor combustible existente, los vapores sobrantes se desplazarán con él, y probablemente arderán cuando encuentren una cantidad suficiente de oxidante. Este es el fenómeno que sucede cuando los vapores de combustible descargan por una ventana y arden en el exterior de una habitación completamente incendiada pero insuficientemente ventilada. Generalmente, los fuegos con poca ventilación generan grandes cantidades de humo y productos tóxicos.
- Si sometemos la superficie pirolizada a un chorro de aire a presión, el caudal oxidante puede superar la cantidad necesaria para quemar completamente los vapores combustibles. En tal caso, el exceso de oxidante puede enfriar las llamas hasta suprimir la reacción química y extinguirlas. Esto sucede cuando soplamos sobre una cerilla o una vela.
- Al soplar sobre fuegos de grandes dimensiones - con producción de grandes cantidades de vapores combustibles- se incrementa la intensidad de la combustión debido al aumento de transmisión de calor desde la llama hasta la superficie del combustible, el cual aumenta a su vez la emisión de sustancias combustibles.
- Una vez inflamada cierta parte del tablón de madera, las llamas probablemente se extenderán a la totalidad del material. Cabe considerar la propagación de la llama como una sucesión continua de ignición provocada en que las propias llamas proporcionan el

foco de calor. Es fácil observar que la propagación ascendente de las llamas es mucho mas rápida que en el sentido descendente u horizontal. Esto se debe a que el calor de las llamas se desplaza normalmente hacia arriba, y proporciona calor a una zona mucho mayor en sentido ascendente. Por tanto, cada sucesiva ignición ascendente agrega al fuego un volumen ardiente mucho mayor que en cualquier otra dirección.

- Generalmente, los materiales capaces de inflamarse fácilmente (con rapidez) también propagan rápidamente las llamas. La inflamabilidad de un material depende de su resistencia al calentamiento (inercia térmica) y al aumento necesario de la temperatura para que comience la pirolización. Los materiales que poseen inercia térmica baja, como por ej. Las espumas de material plástico o la madera de balsa, se calientan rápidamente al someterlos a un flujo térmico determinado. Estos materiales pueden inflamarse fácilmente y originar una propagación mucho más rápida de las llamas. Por otra parte, los materiales densos (madera de ébano por ej.) Suelen tener inercias térmicas relativamente elevadas y la ignición es difícil.
- Las velocidades de combustión de los mayores y mas peligrosos incendios, están fundamentalmente controladas por la transmisión de calor radiante desde las llamas a la superficie combustible en fase de pirolisis (de Reis, 1979). Esta radiación de la llama procede principalmente de las partículas incandescentes de hollín. Los combustibles que tienden a producir abundantes cantidades de hollín o humo, (caso del poli estireno) tienden también a intensificar los fuegos, a pesar de que los vapores del combustible se queman de forma menos completa, como lo demuestra la mayor cantidad de humo generada.

Los fuegos con buena ventilación liberan menos humo que aquellos con ventilación deficiente. En fuegos bien ventilados, el aire circundante se mezcla rápidamente con los productos combustibles no incendiados (hollín y vapores) antes de que los vapores del combustible se enfríen. Los fuegos con ventilación deficiente liberan grandes cantidades de humo y gases de la combustión incompleta, tales como CO. Los vapores del combustible no disponen de aire suficiente para su combustión completa antes de enfriarse y abandonar la zona.

Los fuegos que se producen en atmósferas ricas en oxígeno, alcanzan mayores temperaturas de llama, incrementan la fracción de calor liberado por radiación y aumentan las velocidades de combustión por unidad de superficie combustible. Las mayores temperaturas de llama, generalmente, causan una mayor transformación de vapores en hollín, aumentando significativamente la velocidad de emisión de humo.

Por ej. un fuego de metanol, bien ventilado, arde con una típica llama azul (carencia de hollín) en aire normal. Sin embargo, en una atmósfera rica en oxígeno, la llama podría ser humeante y muy luminosa. Esta sensibilidad a la concentración de oxígeno ambiental, aumenta significativamente la radiación de la llama, la velocidad de combustión y el consiguiente riesgo.

3. PROPIEDADES DE INFLAMABILIDAD DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS Y LIQUIDOS DE ALTO PUNTO DE INFLAMACION.

Se puede resumir lo anterior, citando las propiedades de los combustibles que contribuyen a la peligrosidad del fuego en situaciones típicas.

Calor de combustión: es la cantidad máxima de calor liberado por la combustión completa de una unidad de masa de material combustible.

Oxidante estequiométrico: cantidad de oxidante necesaria para la combustión completa de una masa unidad de combustible. Los combustibles que necesitan grandes cantidades estequiométricas de oxidante, a menudo producen llamas de gran altura que representan un peligro mayor de propagación del fuego. La necesidad estequiométrica de oxidante de los combustibles usuales (orgánicos), es aproximadamente proporcional a su calor de combustión, de modo que todos los combustibles orgánicos producen mas o menos, la misma cantidad de calor por unidad de masa de oxidante consumido.

Calor de gasificación: es la cantidad de calor necesario para vaporizar la unidad de masa de combustible, cuya temperatura inicial es la del ambiente. Este valor es muy importante, dado que determina la cantidad de vapor combustible aportado al fuego en función de la cantidad de calor suministrado a la superficie pirolizada. A veces el riesgo de incendio de los materiales plásticos puede disminuirse agregando cargas inertes que aumenten el calor necesario para la gasificación.

Inflamabilidad provocada: esta propiedad es inversamente proporcional al tiempo que necesita un flujo calorífico aplicado a un material dado, para elevar su temperatura superficial hasta su temperatura de ignición provocada. Este valor es importante, tanto para la ignición como para la propagación del fuego.

Formación de carbón: muchos materiales, como la madera, sufren una carbonización progresiva a medida que el efecto pirolisis va ganando en espesor. Las propiedades aislantes de estas capas carbonizadas pueden reducir eficazmente la intensidad de combustión al limitar el caudal de calor que actúa sobre el material aún sin pirolizar. Las pinturas intumescentes simulan esta formación de una capa carbonizada, de modo que al hincharse por calentamiento forman una capa aislante protectora.

Formación de hollín: los combustibles cuyas llamas producen cantidades importantes de hollín son generalmente más peligrosos porque este aumenta la radiación de la llama, que influye a su vez sobre la intensidad de la combustión. El mismo hollín contribuye también a los daños originados por el humo.

Inhibidores: cantidades pequeñas de inhibidores químicos agregados al combustible u oxidante pueden impedir las reacciones en la fase gaseosa. Estos inhibidores de llamas pueden retrasar eficazmente la ignición y propagación de las llamas en los incendios pequeños. Así mismo, es posible inhibir las llamas agregando aditivos a los combustibles sólidos para fomentar la carbonización y concentraciones mayores de vapor de agua en los gases de la pirolisis.

Fusión: los combustibles que funden resultan a menudo mas peligrosos porque los materiales fundidos pueden aumentar la superficie de pirolisis. Además, el material fundido puede constituir un peligro en si mismo.

Toxicidad: generalmente, el CO es el tóxico mas importante que produce el fuego. Se encuentra presente en los gases de la pirolisis y en productos de una combustión incompleta (sin oxidar totalmente). Algunos materiales, sobre todo aquellos que contienen elementos distintos al C, H y O (por ej. Cloruro de polivinilo y el poliuretano), pueden originar otros componentes tóxicos.

Geometría: la geometría de un material influye mucho sobre su posibilidad de inflamación. Los materiales de poco grosor suelen inflamarse con mayor facilidad y la propagación de las llamas es más rápida. Las distribuciones geométricas que permiten la entrada de aire abundante, aunque impiden las pérdidas de calor radiante, generalmente resultan mas peligrosas.

4. PRINCIPIOS DE INFLAMABILIDAD.

Estos son los principios fundamentales de la ciencia de protección contra incendios

Para que surja la combustión necesitamos un agente oxidante, un material combustible y un foco de ignición.

- Para inflamar o permitir la propagación de las llamas, hay que calentar el material combustible hasta su temperatura de ignición provocada.
- La combustión posterior depende del calor que las llamas devuelven al combustible pirolizado o vaporizado.
- La combustión continúa hasta que:
 - se consuma el material combustible, o
 - la concentración del producto oxidante descienda por debajo de la necesaria para permitir la combustión, o
 - haya suficiente calor eliminado o alejado del material combustible como para impedir que continúe la pirolisis del combustible, o
 - la utilización de productos químicos inhiba las llamas, o la temperatura de las mismas descienda hasta un valor suficiente para impedir las reacciones posteriores.

TEMA 4 - MEDIDA DEL CALOR.

La temperatura del material es el dato que determina si hay transferencia de calor desde este material a otros o viceversa. El calor fluye siempre desde las temperaturas más altas a las mas bajas. La temperatura se mide en grados.

1. UNIDADES DE TEMPERATURA.

- **Grado Celsius:** también llamado centígrado. Un grado centígrado ($^{\circ}\text{C}$), es la centésima parte de la diferencia entre la temperatura de fusión del hielo y la temperatura de fusión del agua a una atmósfera de presión. En la escala Celsius, el cero es el punto de fusión del hielo y 100 es el de ebullición del agua.
- **Grado Kelvin:** ($^{\circ}\text{K}$), tiene la misma magnitud que el grado Celsius. Sin embargo, el cero de la escala Kelvin (a veces denominado Cero Absoluto) es igual a $- 273,15^{\circ}\text{C}$. El cero de la escala Kelvin es la temperatura mas baja que puede alcanzarse. La escala Kelvin proporciona las denominadas temperaturas absolutas.
- **Grado Fahrenheit:** ($^{\circ}\text{F}$), es la $1/180$ ava parte de la diferencia entre la temperatura de fusión del hielo y la temperatura de ebullición del agua a una atmósfera de presión. En la escala Fahrenheit, 32 es el punto de fusión del hielo y 212 es el punto de ebullición del agua.
- **Grado Rankine:** ($^{\circ}\text{R}$), tiene la misma magnitud que el grado Fahrenheit. En la escala Rankine el cero es $459,67^{\circ}\text{F}$. Por lo tanto, la escala Rankine proporciona también temperaturas absolutas. Ni los $^{\circ}\text{F}$ ni los $^{\circ}\text{R}$ son unidades SI (Le Systeme International d'Unites - Sistema Internacional de Unidades - SI) aprobadas. Su utilización no es aconsejada.

2. UNIDADES DE CALOR.

- **Joules:** es la cantidad de energía calorífica suministrada por un watio en un segundo. Es unidad SI aprobada.
- **Caloría:** es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado Celsius (medido a 60°F , $- 15^{\circ}\text{C}$). Una caloría = 4.183 julios.
- **Unidad Térmica Británica:** (Btu), es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit (medido a 60°F , $- 15,5^{\circ}\text{C}$). Una Btu tiene 1.054 julios (252 calorías), de donde se infiere que 1.054 watios calentarían una libra de agua un grado Fahrenheit en un segundo.

La caloría y la Btu no son unidades SI aprobadas. La energía calorífica puede referirse como cantidad y como potencial (intensidad). Por ej. consideremos la siguiente analogía:

Existen dos depósitos de agua situados uno al lado del otro. Supongamos que lleno el primer depósito, conteniendo el doble de agua que el segundo pero con idéntica profundidad en ambos. En este caso, las presiones y el potencial de los dos son iguales. Si se comunicara el fondo de los dos depósitos con un tubo, el agua no pasaría de uno a otro porque ambos tanques tienen la misma presión equilibrada.

Del mismo modo, un cuerpo puede tener doble cantidad de energía calorífica (medida en Btu o calorías) que otro, pero si la intensidad de las energías de ambos cuerpos es igual (es decir, tienen igual temperatura), no habrá cambio de energía de un cuerpo a otro al entrar en contacto. Se dice que los cuerpos están en equilibrio. Si se pusiera en contacto con el primero un tercer cuerpo con temperatura inferior, el calor pasaría del primero a este último hasta que las temperaturas se igualaran. La cantidad de calor que pasa de un cuerpo a otro hasta que se alcanza el punto de equilibrio depende de las capacidades de cada uno de ellos para retener el calor.

Esencialmente, la ignición consiste en el aumento de intensidad de calor de un cuerpo por medio de la adición de temperatura; por lo tanto, la extinción física del fuego se realiza generalmente por medio de una reducción de la intensidad del calor, apartando el origen del incremento de temperatura. La extinción química del fuego funciona por otro mecanismo, interrumpiendo las reacciones químicas que son necesarias para que se realice el proceso de combustión (Westbrook and Dryer, 1981).

3. MEDICION DE TEMPERATURAS.

Los dispositivos para medir temperaturas miden generalmente un cambio físico (dilatación de un sólido, líquido o gas), o un cambio de estado (sólido o líquido), o un cambio energético (cambios en el potencial de la energía eléctrica, o sea, en la tensión), o cambios en la emisión térmica por radiación y/o distribución espectral.

- **Termómetros de expansión o dilatación de líquidos.** Consiste en un tubo parcialmente lleno de un líquido que se contrae o se expande con el cambio de temperatura. Dicho tubo está calibrado para poder realizar lecturas del nivel de expansión o contracción del líquido en grados de una de las escalas de temperatura.
- **Termómetros bimetalicos.** Constan de dos metales con dos diferentes coeficientes de expansión, laminados y dispuestos en forma de cinta o espiral. Al cambiar la temperatura, las dos partes del metal laminado se expanden o contraen haciendo que la cinta o espiral se deforme. Esta deformación se mide en una escala calibrada en grados de temperatura.
- **Fusión de sólidos.** Este método se vale de la propiedad de los sólidos de fundirse o cambiar de estado con el aumento de temperatura. En este tipo de termómetro, un cuerpo sólido (metal, producto químico o mezcla química) cuyo punto de fusión es perfectamente conocido, indica si un objeto caliente está por encima o por debajo del punto de fusión del sólido. El metal auténtico de un rociador (sprinklers) experimenta esta fusión cuando se somete al fuego, lo que pone en acción al rociador.
- **Termopares:** Constan de un par de alambres de metales distintos conectados entre sí por un extremo; o sea, por el extremo detector, mientras que los otros extremos van conectados a un voltímetro. Si la temperatura que actúa sobre el extremo detector es diferente de la que actúa sobre el voltímetro, produce una tensión cuya magnitud depende, en parte, de la diferencia de temperatura entre ambos extremos. Podemos calibrar el voltímetro para medir valores en grados de temperatura.
- **Pirómetros:** Miden la intensidad de la radiación procedente de un objeto caliente. Como dicha intensidad depende de la temperatura, éstos pueden calibrarse para obtener lecturas en grados de temperatura. Los pirómetros ópticos miden la intensidad de una cierta longitud de onda de la radiación.

4. CALOR ESPECIFICO.

El calor específico de una sustancia indica la cantidad de calor que absorbe al aumentar su temperatura. Es la cantidad de energía térmica necesaria para elevar un grado de temperatura la unidad de masa de una sustancia. Se expresa en J/g (°C) o cal/g (°C) o Btu/lb (°F). El agua tiene un calor específico de $4,2 \text{ J/g (°C)} = 1 \text{ Btu/lb (°F)}$.

Los calores específicos de las distintas sustancias varían ampliamente. Las mas comunes, excepto el agua, tienen calores específicos inferiores a $4,2 \text{ J/g (°C)}$.

Las cifras de calor específico tienen importancia en protección contra incendios, pues indican la cantidad relativa de calor necesarias para elevar las temperaturas de ciertas materias a un punto peligroso, o la cantidad de calor que debe suprimirse para enfriar una sustancia caliente y ponerla a una temperatura de seguridad.

Una de las razones de la eficacia del agua como agente extintor es que su calor específico es mas alto que el de la mayoría de las otras sustancia.

5. CALOR LATENTE.

Las materias absorben calor cuando pasan del estado sólido al líquido y del estado líquido al gaseoso. Inversamente, pierden calor en el proceso de conversión de gas a líquido o de líquido a sólido.

Calor latente es la cantidad de calor absorbido por una sustancia al pasar entre las fases líquida y gaseosa (calor latente de vaporización) o entre las fases sólida y líquida (calor latente de fusión).

Se expresa en Jules por unidad de masa.

El calor latente de fusión del agua (a presión atmosférica normal) en el punto de congelación o fusión del hielo a 0°C (32°F) es $333,4 \text{ J/g}$. El calor latente de vaporización en el punto de ebullición de 100°C (212°F) es 2.257 J/g ($970,3 \text{ Btu/lb}$ o $539,5 \text{ cal/g}$).

El mayor calor de vaporización del agua es otra de las razones de su eficacia como agente extintor. El calor latente de las sustancias comunes es muy inferior al del agua.

El calor absorbido por el agua se sustrae del sistema en combustión y no puede emplearse en propagar la llama, ya sea por evaporación de más líquido o por pirolisis de más sólido.

TEMA 5 – TRANSMISION DEL CALOR

La transferencia de calor determina la ignición, combustión y extinción de la mayoría de los incendios, el calor se transmite por uno o más de los siguientes métodos

CONDUCCION – CONVECCION – RADIACION

1. CONDUCCION.

Es la transferencia de calor por contacto directo entre dos cuerpos. Por ej. una tubería de vapor en contacto con una pieza de madera transfiere su calor a la madera por contacto directo; la tubería es el conductor.

La cantidad de energía térmica transferida por conducción entre dos cuerpos en un momento dado está en función de la diferencia de temperatura y de la conductancia de la zona de contacto. La conductancia depende de las conductividades térmicas, de la sección transversal perpendicular a la trayectoria de conducción y de la longitud de esa trayectoria. La magnitud de la transferencia térmica es por tanto, la cantidad de calor por unidad de tiempo, mientras que el flujo de calor es la cantidad de calor por unidad de área de la sección transversal, por unidad de tiempo. La conductividad térmica de una materia es el flujo de energía térmica debido a la unidad de gradiente de temperatura (caída de un grado por unidad de distancia). Una unidad típica de conductividad térmica es el J/ (cm . seg . °C) o el W/ cm . °C.

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. En el vacío absoluto no se transmite el calor. Los sólidos son mejores conductores de calor que los gases: los mejores aislantes térmicos comerciales consisten en pequeñas partículas o fibras de sustancias sólidas cuyos intersticios están ocupados por aire.

La conducción de calor no puede impedirse totalmente por ningún material termo aislante. En este aspecto, el flujo de calor no puede compararse con el del agua, que puede detenerse por medio de una barrera sólida. Los materiales aislantes térmicos pueden tener una conductividad térmica muy baja, pero sea cual sea el espesor del espacio entre la fuente de calor y el material combustible, puede no ser suficiente para impedir la ignición de este último. Si el valor de la conducción térmica es mayor que el de la disipación del mismo a través del material combustible, la temperatura de éste puede aumentar hasta su punto de ignición.

Por ejemplo, en el caso de la madera, en lugar de confiar exclusivamente al material termo aislante la misión de protección de la misma, debe existir siempre una cámara de aire o algún otro medio de disipación del calor por convección. Han ocurrido incendios debidos a la transmisión de calor durante un período prolongado a través de muros de hormigón macizo de hasta 0,60 mts. de espesor.

Por lo que respecta a la conducción de calor, las propiedades físicas mas importantes son su conductividad térmica (K), su densidad (ρ) y su calor específico (c). El producto de estos dos últimos valores (ρc) tiene interés en el campo de la conducción térmica. Esta combinación es la medida de la cantidad de calor necesaria para elevar la unidad de volumen de materia por unidad de temperatura. La unidad corriente podría ser el Julio por centímetro cúbico y por grado Celsius (J/ (cm³ . °C), pudiéndose denominar a esta magnitud como la capacidad térmica por unidad de volumen.

La conductividad térmica 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 (cm³ . seg . °C).

El tiempo necesario para que la onda térmica penetre en un cuerpo aumenta con el cuadrado de su espesor.

2. CONVECCION.

En un medio fluido circulante - gas o líquido - el calor se transmite por convección. Así, el calor generado por una estufa es distribuido por una habitación calentando el aire inmediato por conducción; la circulación del aire caliente por toda la habitación lleva el calor por convección, hasta los puntos más distantes, transmitiéndose el calor del aire a los objetos por conducción. El aire caliente se expande y se eleva, y por esta razón la transferencia de calor por convección ocurre en sentido ascendente, aunque puede conseguirse que las corrientes de aire transfieran el calor por convección en muchas direcciones, por ejemplo, utilizando un ventilador o soplante.

El término "convección de calor" se utiliza también para describir el modo en el que se transmite el calor entre un fluido y una superficie sólida.

3. RADIACION.

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. Todas las ondas de energía radiante circulan en el vacío a la velocidad de la luz. Al tropezar con un cuerpo, son absorbidas, reflejadas o transmitidas.

La luz visible abarca longitudes de onda entre $0,4 \times 10^{-6}$ hasta $0,7 \times 10^{-6}$ metros (violeta a rojo). 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 que el aire frío se mueve hacia abajo en dirección a la llama para alimentarla con oxígeno, manteniéndose así la combustión. Si ponemos la mano al lado de la llama, experimentamos una sensación de calor. Esta energía es la denominada radiación o calor radiante.

En los fuegos pequeños (como el de la vela), la mayor parte del calor abandona la zona de combustión debido a la convección, como detectamos al situar la mano sobre la llama en vez de a un lado. Sin embargo, los incendios mayores y más peligrosos liberan cantidades de energía aproximadamente iguales por radiación y por convección. La energía irradiada es más peligrosa porque las superficies estáticas próximas al fuego absorben fundamentalmente toda la radiación que incide sobre las mismas, mientras que la mayoría de la energía transmitida por convección fluye a lo largo de la superficie arrastrada por el chorro de gases.

La energía radiante avanza en línea recta. Lógicamente, el calor recibido de un foco pequeño sería menor que el de una superficie irradiante grande, siempre que los focos emitan la misma energía por unidad de superficie, tal cual se ilustra en la siguiente figura.

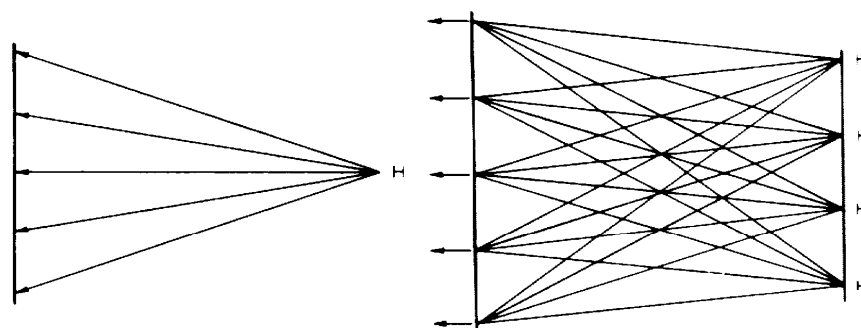


FIG. 1-4B. Comparación del calor absorbido por superficies de áreas semejantes, desde un foco puntual (izquierda) y desde una superficie radiante grande (derecha).

El calor radiante pasa libremente a través de gases formados por moléculas biatómicas simétricas, como el hidrógeno (H_2), el oxígeno (O_2) y el nitrógeno (N_2), pero es absorbido por las partículas en suspensión, tales como el humo, y en bandas de menor longitud de onda, por moléculas asimétricas como el vapor de agua (H_2O), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) y dióxido de azufre (SO_2). Aunque la concentración de estos gases en la atmósfera sea baja, la presencia de dióxido de carbono y vapor de agua evita que las radiaciones en las bandas de 2,8 micras y, sobre todo, de 4,4 micras, lleguen a la superficie de la tierra. Esto se ha aprovechado para desarrollar los detectores de llamas por infrarrojos, que no detectan la radiación solar y responden sólo a las ondas de 2,8 o 4,4 micras. Estas son las longitudes de onda en las que emiten el vapor de agua y el dióxido de carbono en las llamas. Además, el vapor de agua y el dióxido de carbono presentes en la atmósfera pueden absorber importantes cantidades de radiaciones a gran distancia de grandes fuegos. Esto ayuda a explicar por qué los incendios forestales son menos peligrosos los días en que hay gran humedad. Además, como las gotitas de agua absorben casi todas las radiaciones infrarrojas incidentes, las nieblas o pulverizaciones de agua son atenuadores eficaces de las radiaciones.

Cuando dos cuerpos se sitúan frente a frente y uno tiene mayor temperatura que el otro, la energía radiante pasará del mas caliente al mas frío hasta que los dos alcancen la misma temperatura (equilibrio térmico). La capacidad de absorción del calor radiado está en función de la clase de superficie del cuerpo mas caliente. Si la superficie receptora es brillante o pulida, reflejará la mayor parte del calor radiante. Si es negra u oscura,

absorberá la mayor parte del calor. La mayoría de los materiales que no son metálicos, en la práctica, resultan negros a las radiaciones infrarrojas, aunque sometidos a la radiación visible parezcan claros o coloreados. Algunas sustancias, como el agua o el vidrio, son transparentes a la radiación visible y permiten su paso con absorción mínima. Sin embargo, tanto el agua líquida como el vidrio son opacos para la mayor parte de las longitudes de onda infrarrojas. El principio de funcionamiento de los invernaderos de cristal y de los paneles solares reside en que son transparentes a la radiación visible del sol, mientras que, al mismo tiempo, son opacos a la radiación infrarroja que intenta salir de ellos.

Los materiales metálicos brillantes son reflectores excelentes de la energía radiante. Por ejemplo, el papel de aluminio suele utilizarse unido a la fibra de vidrio como material aislante en los edificios. También suelen utilizarse chapas metálicas colocadas debajo de las estufas o en los muros expuestos al calor.

La ley de Stefan-Boltzmann enuncia que la emisión radiante por unidad de superficie de una superficie negra es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta. Puede expresarse esta ley mediante la fórmula:

$$q = e \cdot \sigma \cdot T^4$$

q = la emisión radiante por unidad de superficie.

e = el factor de corrección de la capacidad de emisión superficial (en la mayoría de los materiales no metálicos es generalmente próximo a 1 en la región de longitud de onda infrarroja y, por tanto, puede normalmente despreciarse).

σ = la constante de proporcionalidad de Stefan-Boltzmann (igual a $5,67 \times 10^{-12}$ Watios/ $\text{cm}^2 \cdot ^\circ\text{K}^4$).

T = la temperatura absoluta expresada en grados Kelvin.

Para comprender la importancia de esta cuarta potencia, vale el siguiente ejemplo:

Se ha proyectado un calefactor para que funcione con seguridad a 260°C de temperatura de la superficie exterior.

¿Hasta qué punto aumentará la cantidad de calor irradiado si permitimos que la temperatura de la superficie exterior aumente 100°C (hasta 360°C), o que aumente 240°C (hasta 500°C)?

- En primer lugar, convertimos los $^\circ\text{C}$ en $^\circ\text{K}$ sumando 273 a dichos valores.
- A continuación asumimos la hipótesis usual de que la superficie es negra y calculamos la emisión radiante por unidad de superficie adecuada para un funcionamiento seguro (260°C), mediante:
 $q = \sigma (260 + 273)^4 = 5,67 \times 10^{-12} \times (533)^4 = 0,46 \text{ watios/cm}^2$.
- Los valores correspondientes de las emisiones radiantes por unidad de superficie a temperaturas mas elevadas son:
 $q = \sigma (360 + 273)^4 = 0,91 \text{ watios/cm}^2$
 $q = \sigma (500 + 273)^4 = 2,0 \text{ watios/cm}^2$
- Vemos que al aumentar la temperatura de la estufa en 100°C solamente, duplicamos aproximadamente su emisión de 0,46 a 0,91 watios/ cm^2 . Esta es la consecuencia espectacular de la cuarta potencia. Si la radiación calorífica fuese sólo la consecuencia de la primera potencia de la temperatura absoluta, aumentaría solamente en un 20% (aproximadamente), a medida que la temperatura absoluta se elevara de 533 a 633 $^\circ\text{K}$.
- Por último, si por descuido la estufa alcanzase 500°C , emitiría $2,0 \text{ watios/cm}^2$, que es una cantidad de energía suficientemente alta como para inflamar muchos de los mobiliarios de uso común en viviendas.

Las estufas de carbón o madera utilizadas en las casas pueden experimentar a veces aumentos de temperatura sin control cuando el caudal de aire sea demasiado elevado. Por esto, es necesario limitar la transferencia máxima de calor radiante recibido, manteniendo los muebles suficientemente alejados de las estufas.

La energía radiante transmitida por un foco puntual a una superficie receptora es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa ambos puntos. Si el tamaño de la estufa es relativamente pequeño comparado con su distancia a los objetos próximos, ésta actuará como un foco puntual, por lo tanto, duplicando la distancia que la separa de los muebles, disminuirá el calor radiante que incide sobre los mismos por unidad de superficie, en un factor igual a 4. Si los objetos están cerca de la estufa, ésta se comportará como una superficie grande y cualquier variación pequeña en la distancia que

separa los objetos, ejercerá una influencia mínima o nula sobre la gravedad de la transferencia de calor radiante.

Un ejemplo podría ser un gran horno, situado a pocos centímetros de un muro combustible. En este caso, habría que proteger al muro con algún medio, tal como una placa incombustible revestida de metal brillante, o algo similar.

Se conoce bastante el fenómeno de la radiación sobre superficies sólidas. Del mismo modo, se puede calcular con bastante exactitud la transferencia de calor radiante absorbida o emitida por los gases de composición y temperaturas conocidas. La dificultad está en calcular la radiación de las llamas, porque la mayor parte de ésta procede del hollín generado por ellas, y los valores de ese hollín han sido medidos muy pocas veces. Esta falta de datos a veces impide calcular la intensidad del fuego. Sin embargo, se puede utilizar una regla aproximada. La producción total de calor radiante de las llamas (de altura superior a 20 cm.) alcanza generalmente entre el 30 y el 40% de la producción máxima calorífica, si suponemos que la combustión es completa. Una cantidad semejante de energía se emite por convección a través de los productos no inflamados totalmente.

TEMA 6. FUENTES DE ENERGIA CALORIFICA O FOCOS DE IGNICION

Como la prevención y extinción del fuego dependen del dominio que se ejerza sobre la energía calorífica, es importante conocer las formas más comunes en que se produce dicha energía. Existen básicamente cuatro fuentes de energía calorífica:

- Energía química.
- Energía eléctrica.
- Energía mecánica.
- Energía nuclear.

1. ENERGIA CALORIFICA QUIMICA.

Las reacciones de oxidación generalmente producen calor. Los siguientes son los tipos de fuente de calor que constituyen el principal interés en la protección contra incendios.

Calor de combustión.

Es la cantidad de calor emitido durante la oxidación completa de una sustancia (conversión de la sustancia en dióxido de carbono y agua). El calor de combustión, denominado comúnmente poder calorífico, depende del tipo y número de átomos de la molécula y su disposición en la misma. Generalmente, se expresa en julios por gramo, o Btu por libra o calorías por gramo. ($1 \text{ Btu/lb} = 2,32 \text{ J/gr}$ y $1 \text{ cal/g} = 4,18 \text{ J/gr}$). En el caso de los gases combustibles los poderes caloríficos suelen expresarse en Btu/pie^3 (kJ/m^3). Los valores caloríficos se utilizan al calcular la carga de fuego, pero no indican necesariamente el riesgo relativo del incendio, ya que éste depende de la velocidad de combustión y de la cantidad total de calor generado. Es interesante el hecho de que se produzca calor en las oxidaciones incompletas o parciales verificadas en algunas etapas de casi todos los fuegos accidentales y en el calentamiento espontáneo por oxidación. En casi todos los compuestos de carbono e hidrógeno, o de carbono, hidrógeno y oxígeno (donde se incluyen las sustancias vegetales y las procedentes del petróleo), el calor de la oxidación, tanto si es completa como parcial, depende del oxígeno consumido. En estas sustancias corrientes (tales como carbón, gas natural, plásticos corrientes, madera, algodón, azúcares y aceites vegetales o minerales), el calor de la oxidación alcanza aproximadamente 3 kJ/gr (3.700 kJ/m^3 o 100 Btu/pie^3) de aire consumido, con independencia de que la combustión sea mas o menos completa. Por esta razón, el caudal de aire (oxígeno) limita, en cada caso, el calor producido por el fuego o el calentamiento espontáneo por oxidación.

Calentamiento espontáneo.

Proceso de aumento de temperatura de un material dado sin que para ello extraiga calor de su entorno. El calentamiento espontáneo de un material hasta su temperatura de ignición tiene por resultado la ignición espontánea o la combustión espontánea. Las causas fundamentales son pocas, pero las condiciones bajo las cuales estos factores fundamentales operan hasta llegar a plantear una situación peligrosa son muchas y muy variadas. Hay tres circunstancias que tienen una gran relación con la peligrosidad del calentamiento originado por la reacción de oxidación, que son:

- La cantidad de aire disponible.
- La tasa de generación de calor.
- Las propiedades aislantes del entorno inmediato.

Prácticamente todas las sustancias orgánicas expuestas a la atmósfera que sean capaces de combinarse con oxígeno se oxidan a cierta temperatura crítica con desprendimiento de calor. La tasa de oxidación a temperaturas normales es generalmente tan baja que el calor que se desprende se transfiere al entorno inmediato a la misma velocidad con que se forma, con el resultado de que no existe aumento de temperatura en el material combustible sujeto a oxidación. Sin embargo, esto no es válido para todos los materiales combustibles, puesto que ciertas reacciones de oxidación a temperaturas normales se genera calor más rápidamente de lo que se puede disipar, dando lugar a la ignición espontánea.

Para que se verifique una ignición espontánea debe disponerse de cantidad de aire suficiente para permitir la oxidación, aunque no tanta como para que el calor se elimine por convección a la misma velocidad que se forma. Un trapo empapado en aceite vegetal, que podría calentarse espontáneamente estando situado en el fondo de un cubo de basura, normalmente no se calentaría si estuviera colgado en un tendedero, donde el movimiento del aire eliminaría el calor. Tampoco es de esperar que se calentara si estuviera contenido en una bola de trapos firmemente comprimidos. Por el contrario, una bola que no estuviera empaquetada de ese modo, debido a la existencia de mayor cantidad de aire y a su efecto aislante, podría proporcionar las condiciones ideales para que se produjera el

calentamiento. Debido a la gran cantidad de posibles combinaciones de los factores interconectados de suministro de aire y aislamiento, es imposible predecir con exactitud en qué condiciones puede calentarse espontáneamente un material.

En presencia de aire, las sustancias objeto de oxidación comienzan a formar productos de oxidación parcial que pueden actuar como catalizadores del siguiente paso de oxidación. Por ejemplo, el aceite de oliva rancio, expuesto al aire, se oxida a una velocidad mayor que el aceite fresco que no ha sido expuesto al aire. La adición de calor puede iniciar un calentamiento espontáneo en algunos materiales combustibles que no están sujetos a este fenómeno a temperaturas ordinarias. En estos casos, el precalentamiento aumenta la tasa de oxidación lo suficiente para que el calor se produzca a mas velocidad de la que se pierde. Muchos incendios han comenzado por el calentamiento espontáneo de espuma de caucho después de su precalentamiento en un secador.

La oxidación bacteriana es causa corriente del calentamiento de las cosechas agrícolas por ser el calor uno de sus productos. Puesto que la mayor parte de las bacterias no sobrevive a temperaturas muy superiores a los 70 u 80°C, se cree que el calentamiento continuado de los productos agrícolas hasta alcanzar sus temperaturas de ignición podría deberse a la oxidación rápida iniciada a continuación de un precalentamiento bacteriológico. El contenido de humedad de los productos agrícolas tiene una definida influencia en el riesgo de calentamiento espontáneo. El heno húmedo o curado indebidamente tiende a calentarse dentro de los pajares. Tal calentamiento puede producir la ignición en un período de entre dos y seis semanas después del almacenamiento. La harina de alfalfa que haya estado expuesta a la lluvia y almacenada a continuación en silos o pilas es muy propensa al calentamiento espontáneo. Los porotos de soja almacenadas en silos provocan la llamada "combustión de silo" (el grano próximo a las paredes del silo se chamusca debido a la condensación de humedad en las superficies internas de las paredes y al auto-calentamiento del grano). Otros productos agrícolas susceptibles de calentamiento espontáneo son aquellos con alto contenido de aceites oxidables, tales como la de harina de maíz, la linaza y el salvado de arroz.

Calor de descomposición.

Es desprendido por la descomposición de compuestos que requieren la presencia de calor durante su formación. Como la mayor parte de los compuestos químicos se producen por reacciones exotérmicas, el calor de descomposición no es un fenómeno muy común. Los compuestos formados a partir de reacciones endotérmicas son frecuentemente inestables. Cuando comienza la descomposición por calentamiento por encima de la temperatura crítica, dicha descomposición continúa por sí sola con liberación de calor. El nitrato de celulosa es muy conocido por su tendencia a descomponerse con liberación de peligrosas cantidades de calor. La acción química responsable del efecto de muchos de los explosivos militares o comerciales es la rápida descomposición de un compuesto inestable.

Calor de disolución.

Es el que se desprende al disolverse una sustancia en un líquido. La mayor parte de las materias emiten calor al disolverse, aunque su cantidad no es generalmente suficiente para que tenga algún efecto en lo que respecta a la protección contra incendios. Algunos productos químicos (tales como el ácido sulfúrico concentrado) emiten calor en cantidades que pueden llegar a ser peligrosas. Los productos que reaccionan en al agua de esta manera no son combustibles por sí mismos, pero el calor liberado puede ser suficiente para producir la ignición de algún material combustible próximo. Inversamente a la mayor parte de los materiales, el nitrato amónico absorbe calor cuando se disuelve en agua (calor de solución negativo). Algunos productos de primeros auxilios para empleo en los casos en que se recomienda la aplicación del frío consisten en nitrato amónico seco en paquetes estancos que se enfrían en contacto con agua.

2. ENERGIA CALORÍFICA DE ORIGEN ELECTRICO.

En el proceso del flujo de la corriente a través de un conductor, los electrones van pasando de átomo en átomo dentro del mismo con frecuentes colisiones entre las partículas atómicas que se encuentran en el camino. Los mejores conductores, como el cobre y la plata, contienen sus electrones externos más fácilmente eliminables, de modo que la fuerza o voltaje necesario para establecer o mantener una unidad de corriente eléctrica (o flujo de electrones) a través del conductor es menor que en otras sustancias compuestas de átomos con enlaces mas fuertes. Así, la resistencia eléctrica de cualquier sustancia depende de sus características atómicas y moleculares y es proporcional a la energía necesaria para mover cualquier unidad de cantidad de electrones a través de la sustancia, venciendo las fuerzas de colisión y captura de electrones. Este gasto de energía aparece en forma de calor.

Calentamiento por resistencia.

Cuando la tasa de generación de calor es proporcional a la resistencia y al cuadrado de la corriente, se llama calentamiento por resistencia. Puesto que la temperatura del conductor resultante del calentamiento por resistencia depende de la disipación del calor a su entorno, los cables descarnados pueden aportar mayor corriente que los provistos de aislamiento, sin calentarse en forma peligrosa, y los alambres individuales pueden aportar mas corriente que los múltiples o los que están fuertemente agrupados. El calor generado por las lámparas incandescentes o infrarrojas se debe a la resistencia de sus filamentos. Para fabricar filamentos capaces de calentarse al blanco en las lámparas incandescentes, se emplean materiales con un punto de fusión muy alto y su destrucción por la oxidación se impide por medio del vacío parcial de la lámpara y la supresión del oxígeno. Los filamentos de lámparas infrarrojas funcionan a temperaturas mucho mas bajas. Los mejores reflectores para dichas lámparas son a base de oro, ya que es de los mejores reflectores de esa radiación.

Calentamiento dieléctrico.

Al someter los átomos a gradientes de potencial eléctrico de origen externo, la distribución del átomo (o de una molécula de varios átomos) sufre deformaciones y los electrones intentan trasladarse en la dirección del potencial positivo, mientras que los protones lo hacen en dirección contraria. Esto ocurre tanto si el potencial externo aplicado procede de una batería o generador, como si es creado por un campo magnético. Aunque el potencial externo no baste para liberar electrones, la distorsión de la distribución atómica o molecular normal representa un gasto de energía. Este fenómeno carece de importancia en la práctica si la fuerza externa es unidireccional, pero puede ser importante si el potencial es pulsante o alterno; por ejemplo, el calentamiento de un dieléctrico (material que tiene buenas propiedades aislantes) puede alcanzar niveles importantes si la frecuencia alterna del potencial externo alcanza niveles elevados.

Calentamiento por inducción.

Siempre que un conductor esté sujeto a la influencia de un campo magnético fluctuante o alterno, o entre en actividad a través de las líneas de fuerza de un campo magnético, aparecen en él diferencias de potencial que dan como resultado un flujo de corriente con calentamiento por resistencia en el conductor. Ante estos potenciales rápidamente cambiantes o alternantes se gasta mayor cantidad de energía y al cambiar la polaridad aparece una energía calorífica debido a la distorsión mecánica y eléctrica de la estructura molecular. Este último tipo de calentamiento aumenta con la frecuencia de la alternación. La comida colocada en un horno de microondas se calienta por la fricción molecular inducida por la energía de microondas que absorbe. Una forma útil de calentamiento por inducción se crea al pasar una corriente alterna de alta frecuencia a través de una espiral que rodea al material que hay que calentar. La corriente alterna que pase por un alambre puede inducir una corriente en otro alambre paralelo al mismo. Si el alambre al que se le induce la corriente no tiene una capacidad portadora suficiente (función de su sección) para la magnitud de dicha corriente, se producirá un calentamiento por resistencia. El calentamiento se debe principalmente a la resistencia al flujo y, en pequeño grado, a la fricción molecular.

Calentamiento originado por corrientes de fuga.

Los materiales aislantes existentes distan mucho de ser perfectos y permiten siempre que circule cierta intensidad de corriente al someter los aislantes a tensiones importantes. La corriente circulante puede denominarse corriente de fuga y, desde el punto de vista de la generación de calor, normalmente carece de importancia. Sin embargo, si el material aislante no es adecuado para el cometido que realiza o si, por motivos de economía, ahorro de espacio o para obtener la máxima capacidad de un condensador, los materiales son muy delgados, las corrientes de fuga pueden superar los límites de seguridad y calentar al aislante, originando los desperfectos consiguientes del material y su rotura final.

Calor debido al arco eléctrico.

El arco eléctrico se produce cuando un circuito eléctrico que porta corriente se interrumpe, tanto si esta interrupción es intencional (caso de un interruptor de cuchilla) como si es accidental (cuando se suelta un contacto o un terminal). La formación de arco eléctrico es especialmente grave cuando se produce en motores u otros circuitos inducidos. La temperatura de los arcos eléctricos es muy alta y el calor emitido puede ser suficiente para producir la ignición del material combustible o inflamable que pueda haber en sus cercanías. En algunos casos, el arco puede fundir el conductor. Un requisito para que un circuito eléctrico pueda considerarse intrínsecamente seguro es que el arco producido por una interrupción accidental de la corriente no desprenda suficiente energía para causar la

ignición de las atmósferas peligrosas en las que el circuito está instalado.

Calentamiento por electricidad estática.

La electricidad estática, algunas veces llamada también electricidad por fricción, se corresponde a una acumulación de carga eléctrica en la superficie de dos materiales que se han unido y separado después. Las superficies se cargan entonces positiva y negativamente. Si estas sustancias no estuvieran conectadas o puestas a tierra podrían asimilar suficiente carga eléctrica para producir una chispa. Los arcos estáticos tienen generalmente muy corta duración y no producen suficiente calor para causar la ignición de materiales combustibles ordinarios tales como papel. Sin embargo, pueden ser capaces de causar la ignición de gases o vapores inflamables o nubes de polvo combustibles. Un combustible que fluya por el interior de una tubería puede generar suficiente electricidad estática, cuya energía puede causar la ignición de un vapor inflamable.

Calor generado por el rayo.

El rayo es una descarga eléctrica sobre una nube, hacia la carga opuesta de otra nube o sobre la tierra. Un rayo que pase de una nube a la tierra puede desarrollar temperaturas muy altas en cualquier material de alta resistencia que se encuentre en su camino, tal como madera o mampostería.

3. ENERGIA CALORÍFICA DE ORIGEN MECANICO.

La energía calorífica de origen mecánico es responsable de un importante número de incendios.

Calor generado por fricción.

La energía mecánica utilizada para superar la resistencia al movimiento creada por el rozamiento de dos sólidos se denomina calor de fricción. Cualquier rozamiento produce calor. El peligro inherente depende de la energía mecánica presente, de la intensidad con que el calor se produce y del porcentaje de disipación del calor. Entre los ejemplos de calor producido por rozamiento, tenemos el originado por una correa que patine en una polea, o las partículas metálicas calientes (chispas) que salten al trabajar un metal con un abrasivo.

Chispas producidas por fricción.

Si chocan dos superficies duras y al menos una es metálica, el impacto puede originar chispas. Las chispas por fricción se forman de la siguiente manera: el calor generado por el impacto o fricción calienta inicialmente la partícula, a continuación, y dependiendo de la facilidad de oxidación y del calor de combustión de la partícula metálica, la superficie recientemente expuesta del material puede oxidarse a elevada temperatura, mientras que el calor de oxidación aumenta esa misma temperatura de la partícula hasta hacerla incandescente.

Aunque la temperatura necesaria para alcanzar incandescencia varía según los metales, en la mayor parte de los casos está muy por encima de las temperaturas de ignición de los materiales inflamables. Por ejemplo: la temperatura de una chispa despedida por una herramienta de acero llega a los 1.400°C. Las chispas de aleaciones de cobre y níquel con pequeñas cantidades de hierro pueden estar muy bien por encima de los 300°C. Sin embargo, la posibilidad de ignición de una chispa depende de su contenido total de calor. Así pues, el tamaño de la partícula tiene un efecto pronunciado sobre la ignición iniciada por la chispa. El peligro práctico que representan las chispas de origen mecánico está limitado por el hecho de que generalmente son muy pequeñas y con un contenido calorífico total muy bajo, aunque su temperatura muy bien puede llegar a los 1.100 °C o más. Como se enfría muy rápidamente, sólo son capaces de iniciar un incendio bajo las condiciones más favorables, tales como su caída sobre algodón seco, polvo combustible o materiales explosivos. Las partículas de metal de mayores dimensiones, capaces de retener el calor durante más tiempo, no se calientan generalmente hasta temperaturas peligrosas.

El níquel, el metal Monel y el bronce comportan un riesgo mínimo por chispas. El acero inoxidable tiene también mucho menos potencial de despedir chispas que las herramientas normales de acero. Existen herramientas especiales de cobre-berilio y otras aleaciones destinadas a minimizar el riesgo de producción de chispas, para su empleo en emplazamientos peligrosos. Sin embargo, estas herramientas no eliminan totalmente el riesgo de desprendimiento de chispas, ya que éstas se pueden producir en circunstancias muy variadas. Prácticamente no se obtiene ventaja alguna por utilizar herramientas manuales antichispas, en lugar de las comunes de acero, para evitar explosiones de hidrocarburos. Sin embargo, las herramientas de cuero, plástico o madera no están sujetas al riesgo de chispas por fricción.

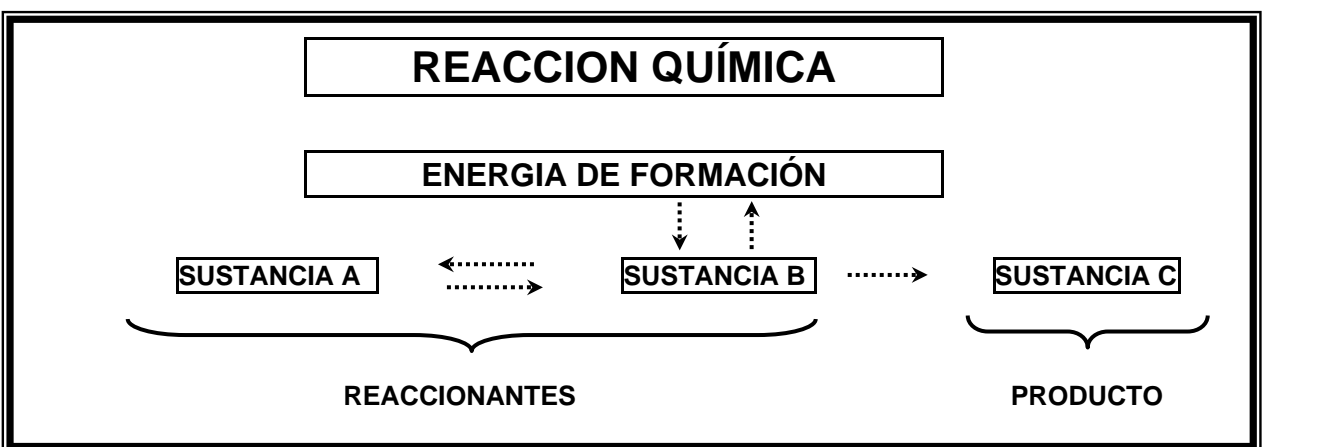
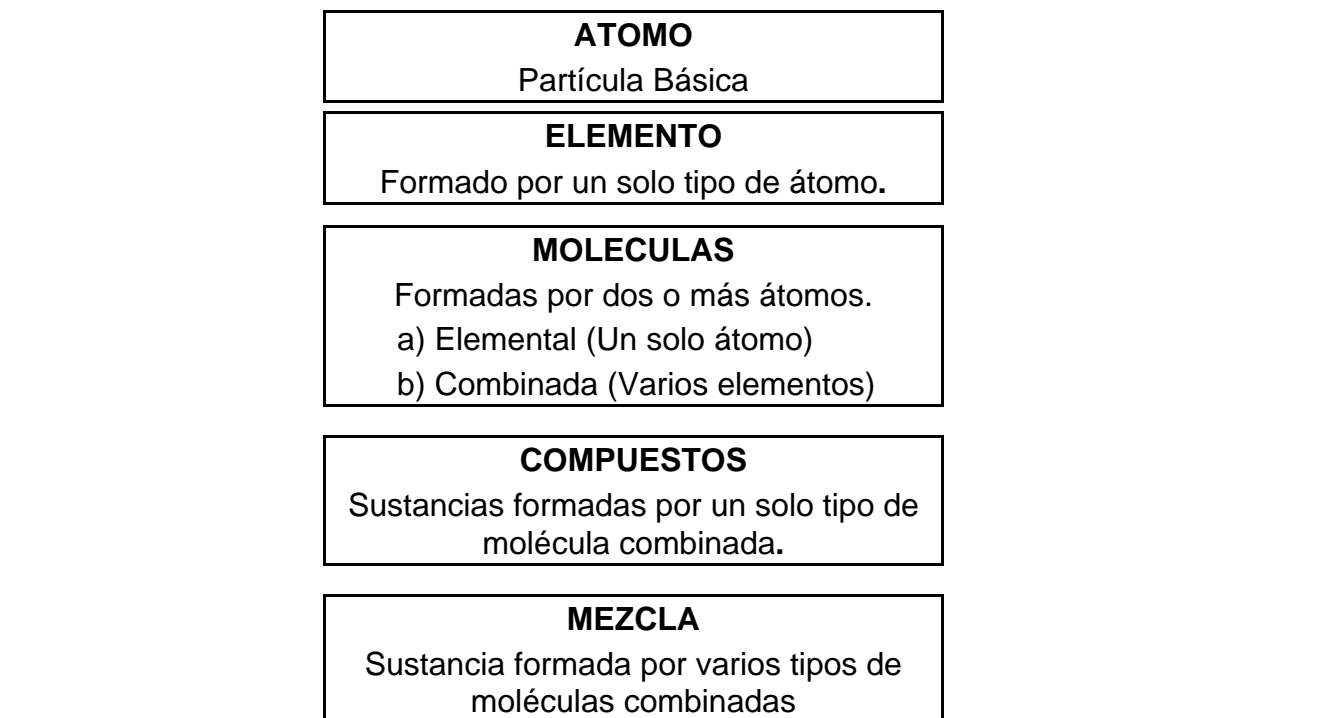
Calor por compresión.

4. ENERGÍA CALORÍFICA DE ORIGEN NUCLEAR.

La energía nuclear es la que despierta el núcleo de un átomo. Este núcleo se compone de materias muy unidas por tremendas fuerzas, que pueden liberarse cuando se le bombardea con partículas. La energía nuclear se desprende en forma de calor, presión y radiación nuclear. En la fisión nuclear, dicha energía se desprende por la fractura del núcleo, mientras que en la fusión nuclear lo hace por la unión de dos núcleos. La energía desprendida por el bombardeo del núcleo es generalmente un millón de veces mayor que la desprendida por las reacciones químicas ordinarias. El desprendimiento instantáneo de grandes cantidades de energía calorífica nuclear da por resultado una explosión atómica, mientras que el regulado se convierte en una fuente de calor para empleo cotidiano, como por ejemplo la generación de vapor para estaciones generadoras de electricidad.

La energía nuclear es la que despierta el núcleo de un átomo. Este núcleo se compone de materias muy unidas por tremendas fuerzas, que pueden liberarse cuando se le bombardea con partículas. La energía nuclear se desprende en forma de calor, presión y radiación nuclear. En la fisión nuclear, dicha energía se desprende por la fractura del núcleo, mientras que en la fusión nuclear lo hace por la unión de dos núcleos. La energía desprendida por el bombardeo del núcleo es generalmente un millón de veces mayor que la desprendida por las reacciones químicas ordinarias. El desprendimiento instantáneo de grandes cantidades de energía calorífica nuclear da por resultado una explosión atómica, mientras que el regulado se convierte en una fuente de calor para empleo cotidiano, como por ejemplo la generación de vapor para estaciones generadoras de electricidad.

Fenomenología de los Incendios



CLASES DE REACCIONES QUIMICAS**ENDOTERMICA:** Cuando se gana calor (se absorbe).**EXOTÉRMICA:** Cuando se pierde calor (se libera).**COMBUSTIÓN:** Una reacción mediante la cual, en condiciones especiales, una sustancia denominada combustible interactúa químicamente con otra denominada oxidante o comburente, dando como resultado nuevas sustancias denominadas productos y desprendiendo calor.**CONDICIONES ESPECIALES.**

- Proporciones adecuadas
- Energía de activación suficiente.

COMBUSTIÓN**CONDICIONES ESPECIALES****COMBUSTIBLE**

+

OXIDANTE

=

PRODUCTO

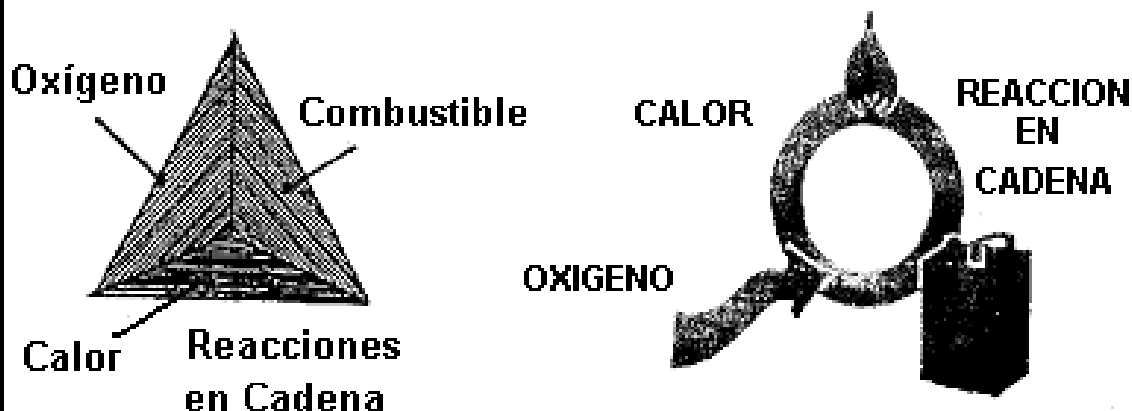
+

CALOR**(REACCION QUÍMICA EXOTÉRMICA)****POR SU VELOCIDAD****LENTA:** Generación lenta de calor poco sensible.(Respiración, oxidación de metales).**RAPIDA:** Generación de calor sensible y presencia de luz. (Vela, Cigarrillo).**INSTANTÁNEA:** En fracciones de segundo, acumulación de gases liberados.**FUEGO**

Reacción de oxidación lo suficientemente intensa como para producir luz y calor.

TETRAEDRO DEL FUEGO

- Material combustible.
- Agente Oxidante.
- Calor.
- Reacción en cadena.

El Tetraedro del Fuego

MATERIAL COMBUSTIBLE

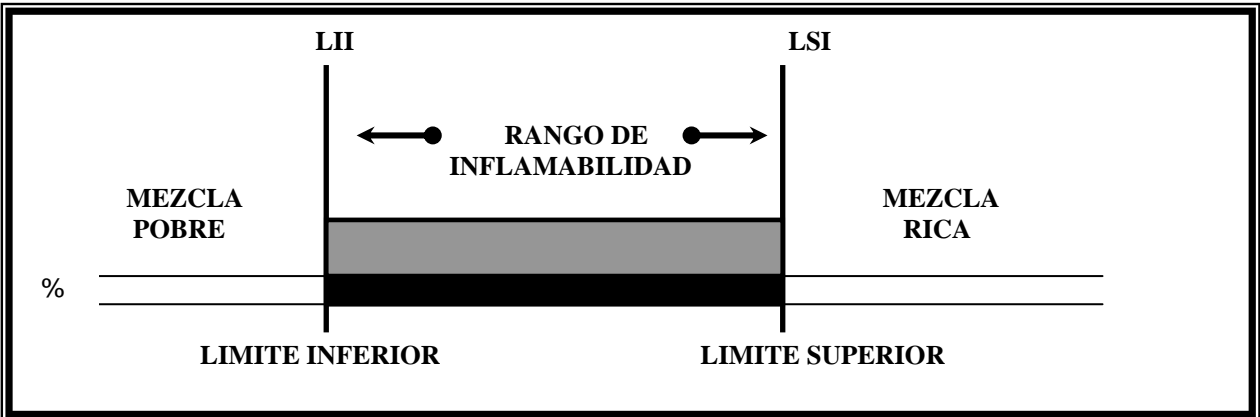
DEFINICIÓN: Sustancia capaz de entrar en combustión.
Propiedades físicas.
Características químicas.
Estado y forma.

GRAVEDAD ESPECIFICA: Relación del peso de una sustancia liquida con el peso de un volumen igual de agua

DENSIDAD DE VAPOR: Relación del peso de un volumen de un vapor con el peso de un volumen igual de aire

PRESION DE VAPOR: Presión ejercida por los vapores que escapan de la superficie de un líquido.

RANGO DE INFLAMABILIDAD: Proporciones en que una sustancia en combustión mezclada con el aire. Se mide en porcentaje



COMBUSTIBLES SÓLIDOS

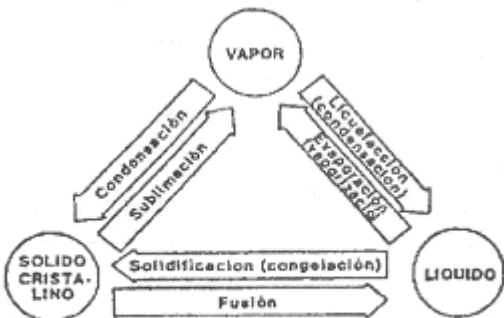
- a.- Elementos Naturales. (Carbón; Azufre, etc.)
- b.- Compuestos Orgánicos.
- c.- Compuestos Sintéticos.
- d.- Metales.

COMBUSTIBLES LIQUIDOS

- a.- Solubles en agua.
- b.- No solubles en agua.

COMBUSTIBLES GASEOSOS

ESTADOS DE AGREGACION



Cambios de estados de los cuerpos puros

CALOR

EN FORMA DE ENERGIA EN MOVIMIENTO

- a.- Cantidad Calorías o Btu.
b.-Intensidad. Grados de temperatura °C; °F; °K.

CALOR ESPECIFICO

Cantidad de calor necesario para aumentar en un grado la temperatura de un gramo de una sustancia.

TEMPERATURA DE EBULLICION

Temperatura a la cual la presión de vapor de un liquido iguala a la presión atmosférica

CALOR DE VAPORIZACION

Cantidad de calor que un gramo de liquido absorbe al transformarse en vapor a la temperatura de ebullición.

PUNTO DE LLAMA.- (Flash point)

Temperatura a la cual una sustancia desprende vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable.

TEMPERATURA DE IGNICION.

Temperatura mínima a la cual una sustancia entra en combustión auto sostenida.

CALOR DE COMBUSTION

Cantidad de calor generado al quemarse una unidad de peso o volumen de una sustancia

PROPAGACION DEL CALOR.

CONDICIONES:

- a.- Existencia de un emisor y un receptor.
b. Diferencia de temperatura entre emisor y receptor.

CONDUCCIÓN: Transferencia de calor a través del contacto directo de un cuerpo con otro.

CONVECCIÓN: Transferencia de calor por circulación de un líquido o un gas.

RADIACIÓN: Transferencia de calor de un área a otra sin tener contacto directo con el área o sin ninguna circulación de gases calientes que inflaman el área calentada.

Depende de: Temperatura del emisor; Área del emisor; Distancia entre los cuerpos
Características del receptor.

DESCRIPCION DEL PROCESO DEL FUEGO

Combustible y oxígeno
Fuente de Calor
Calentamiento del material.
Destilación de vapores.
Activación de las moléculas.
Punto de llama.
Iniciación de reacciones.
Desprendimiento de calor.
Temperatura de ignición.
Combustión auto sostenida.
Aumento de calor desprendido.
Aumento de velocidad de reacción.
Aumento de calor desprendido...etc

LLAMA

Combustión de un gas en el aire
Clases.
Gases premezclados Llama de difusión
Zona de la llama
 a.-Fría o de destilación.
 b.-Media o luminosa.
 c.-Oxidante o calorífica.

LLAMA DE DIFUSIÓN

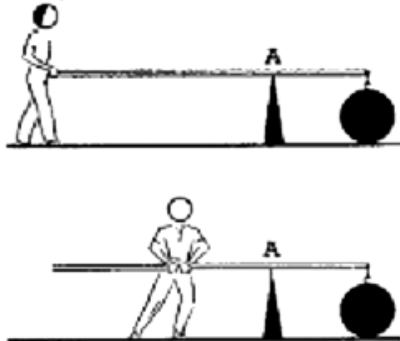
| EQUIVALENCIAS DE PRESIÓN Y CARGA DE AGUA | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-----------------------|------------|---------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------|----------|
| UNIDAD | Lbs- pulg ² | Lbs/ pie ² | Atmósferas | Kg/ cm ² | Pulg. de agua | Pies de agua | Pulg. de Hg | mm de Hg | BARS. |
| Lbs/pulg2 | 1 | 144.0 | 0.068046 | 0.070307 | 27.7276 | 2.3106 | 2.0360 | 51.7150 | 0.06895 |
| Lbs/pie2 | 0.006945 | 1 | 0.000473 | 0.000488 | 0.1926 | 0.01605 | 0.0141139 | 0.35913 | 0.000479 |
| Atmósferas | 14.696 | 2,116.22 | 1 | 1.0332 | 407.484 | 33.9570 | 29.921 | 760.0 | 1.01325 |
| Kg-cm2 | 14.2233 | 2,048.16 | 0.96784 | 1 | 394.27 | 32.864 | 28.959 | 735.558 | 0.9807 |
| Pulg. de agua | 0.03607 | 5.184 | 0.002454 | 0.00254 | 1 | 0.08333 | 0.0734 | 1.865 | 0.00249 |
| Pies de agua | 0.43278 | 62.3205 | 0.029449 | 0.03043 | 12.0 | 1 | 0.8811 | 22.381 | 0.02964 |
| Pulg. de Hg. | 0.49115 | 70.726 | 0.033421 | 0.03453 | 13.617 | 1.1349 | 1 | 25.40 | 0.03386 |
| mm de Hg. | 0.019337 | 2.7845 | 0.0013158 | 0.0013595 | 0.5361 | 0.04468 | 0.03937 | 1 | 0.001333 |
| BARS. | 14.5036 | 2,068.55 | 0.98692 | 1.0197 | 402.1 | 33.51 | 29.53 | 750.0 | 1 |

TEMA 7. FISICA

TEORIA: conocimiento especulativo considerado con independencia de toda aplicación. Serie de leyes que sirven para relacionar determinado orden de los fenómenos. Hipótesis cuyas consecuencias se aplican a toda una ciencia o a parte muy importante de la misma.

HIPÓTESIS: suposición de una cosa para sacar de ella una consecuencia. La que se formula para servir de guía en una investigación científica.

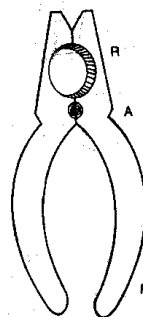
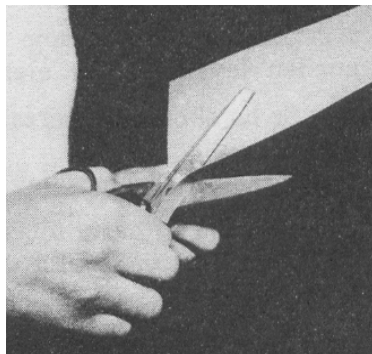
PALANCA: consiste en una barra rígida que puede girar alrededor de un punto llamado **punto de apoyo**.



CONDICION DE EQUILIBRIO: consideremos la palanca empleada para levantar el peso de la figura 1, donde llamaremos resistencia (Q) a la fuerza que ejerce el peso. Potencia (P) a la fuerza aplicada en el otro extremo a fin de poder levantar el peso. Punto de apoyo (O) al punto sobre el cual gira la palanca.

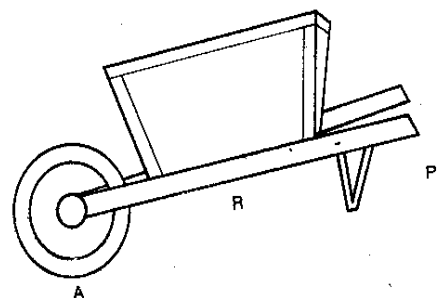
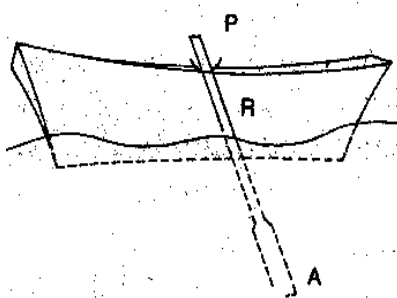
PALANCA DE 1° GENERO:

El punto de apoyo, está situado entre la potencia y la resistencia.



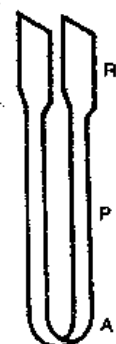
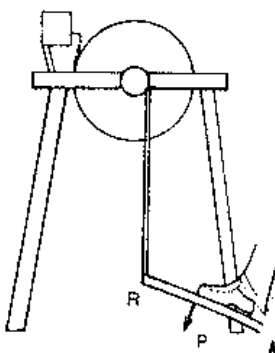
PALANCA DE 2° GENERO:

La resistencia está entre el punto de apoyo y la potencia.



PALANCA DE 3° GENERO:

La potencia está entre el punto de apoyo y la resistencia.

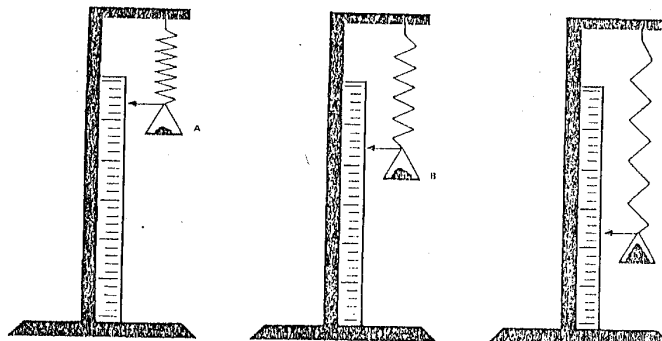


LA FUERZA DE

GRAVEDAD

Si analizamos el proceso verificado al colgar de un resorte un peso o de suspenderlo de un hilo, comprobaremos que siempre el estiramiento se produce en sentido hacia el centro de la tierra, por lo cual diremos:

LA FUERZA DE GRAVEDAD TIENE SENTIDO HACIA EL CENTRO DE LA TIERRA.



Podríamos también comprobar que el mismo cuerpo colocado en el mismo resorte, pero considerado en distintos lugares de la tierra provocará diferentes estiramientos, lo que permite expresar:

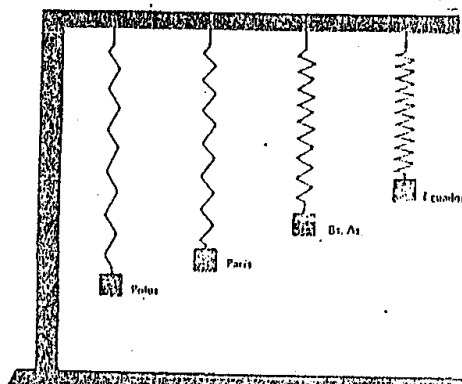
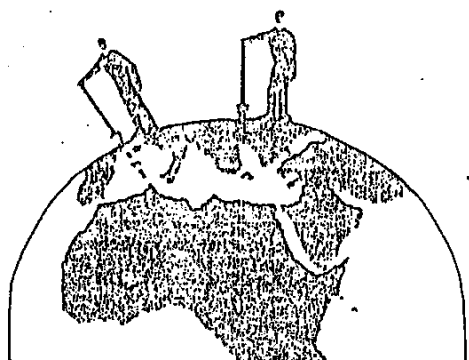
LA FUERZA DE ATRACCIÓN DE LA GRAVEDAD NO ES IGUAL EN TODOS LOS PUNTOS DE LA TIERRA.

se ha podido comprobar al respecto que la fuerza de atracción es mayor en los polos que en el ecuador, por lo cual:

EL PESO DE UN CUERPO VARIA CON LA LATITUD DEL LUGAR, SU VALOR MÁXIMO LO ADQUIERE EN LOS POLOS Y DISMINUYE EN EL ECUADOR.

FUERZA DE GRAVEDAD:

Es la fuerza de atracción que ejerce la tierra sobre todos los cuerpos.



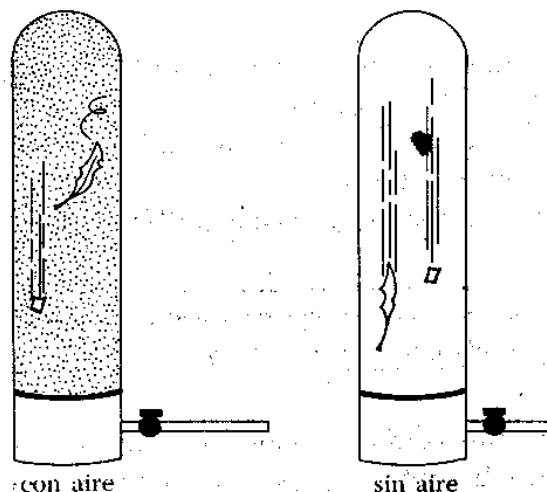
ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD

Es la aceleración provocada por la fuerza de gravedad. La observación diaria nos indica que todo cuerpo librado a la acción de su peso cae debido a que actúa sobre él la fuerza de atracción de la gravedad.

Las numerosas pruebas realizadas por Galileo, le permitieron emitir el siguiente enunciado que se conoce como **ley de la caída libre en el vacío**.

Todos los cuerpos que caen desde la misma altura adquieren en el vacío (prescindiendo del aire) la misma velocidad.

Unas de las pruebas realizadas fue la siguiente: dentro de un tubo de vidrio, de un metro de largo aproximadamente, colocó una pluma de ave y un trocito metálico. Extrajo el aire por medio de una máquina de vacío. Invertió el tubo y comprobó que ambos cuerpos (pluma y metal) llegaban simultáneamente al otro extremo del tubo.



FUERZA:

Es todo lo que tiende a modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.

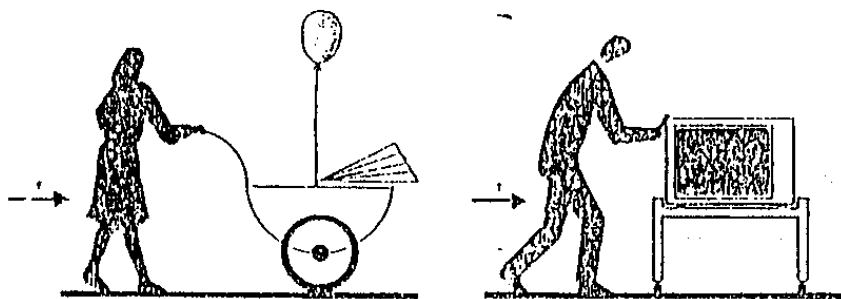
ELEMENTOS DE UNA FUERZA:

- Punto de aplicación
- Dirección
- Sentido
- Intensidad o módulo

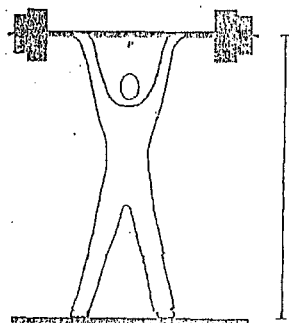
TRABAJO:**IDEA DE TRABAJO:**

El proceso de levantar un cuerpo cualquiera hasta cierta altura, nos da la idea de trabajo. Los hechos de correr un mueble a través de cierta distancia o el empujar a un niño en un cochecito, también nos dan inmediata idea de un trabajo realizado.

Toda vez que se aplique una fuerza a un cuerpo, y el punto de aplicación de ella sufra un desplazamiento, se abra producido trabajo.

**ENERGIA:**

Llamamos energía, a la capacidad de trabajo que tiene un cuerpo o Sistema de cuerpos. Así por ejemplo, el atleta que levanta pesas hasta cierta altura (h), lo hace por que posee cierta energía.



Existen distintos tipos de energía:

Energía química: originada por transformaciones y reacciones químicas (baterías de autos).

Energía eléctrica: la que nos brinda la corriente eléctrica (movimiento de un motor).

Energía calorífica: producida por rozamientos, choques, etc. (el choque de dos piedras origina una chispa, un clavo golpeado por un martillo, se calienta).

Energía mecánica: es la que se produce al chocar un cuerpo con otro, un cuerpo en movimiento, la caída de una piedra, etc. Es decir depende exclusivamente del cambio de posición, de forma, de velocidad, etc. , de un cuerpo.

La energía mecánica se divide en energía potencial y energía cinética.

POTENCIA: si consideramos un joven de 18 años y una persona de 60 años del mismo peso, que sube una escalera, es probable que el joven la suba de 2 o 3 escalones, mientras que el señor lo hará escalón por escalón y hasta en algunas circunstancias deteniendo su marcha para lograr un descanso.

Ahora bien, en ambos casos, el trabajo realizado es el mismo, ya que la fuerza (P) y la altura hasta la cual suben, son las mismas respectivamente.

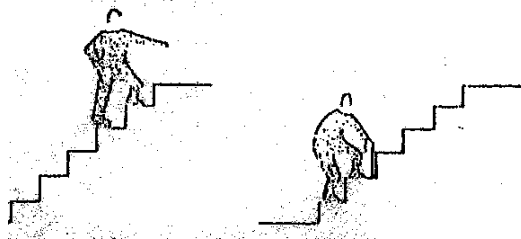
Solamente ha variado el tiempo en que cada uno realizó el trabajo de subir. El factor tiempo que aparece en este caso, origina un nuevo concepto, que denominamos POTENCIA por lo que damos la siguiente definición:

ES EL TRABAJO QUE SE REALIZA EN CADA UNIDAD DE TIEMPO.

$$\text{Potencia} = \frac{W}{T} = \frac{\text{(trabajo)}}{\text{(tiempo)}}$$

O también:

POTENCIA ES EL COCIENTE ENTRE EL TRABAJO REALIZADO Y EL TIEMPO QUE SE EMPLEA PARA REALIZARLO.



INERCIA:

Es la propiedad que tienen todos los cuerpos por la cual tienden a permanecer en estado de reposo o de movimiento en que se encuentren.

Podríamos decir también que inercia es la propiedad que poseen los cuerpos de no poder cambiar por si mismos su estado de reposo o de movimiento.

Muchas veces andamos en bicicleta, hemos dejado de pedalear, ¿qué pasa entonces?, que seguimos andando. ¿Indefinitivamente?. No, ¿por qué?. Pues por la acción del rozamiento con el pavimento, con el aire, la fricción de los ejes y otros factores, tienden a provocar la detención de la bicicleta.

Para darnos cuenta perfectamente de la importancia de esos rozamientos, imaginemos tres bicicletas que marchan por una ruta, al llegar a cierto punto, dejan de pedalear y en ese instante uno continua por la carretera, otro por un camino de tierra y otro por uno de arena.

¿Qué pasa? ¿Quién llega mas lejos?(es decir, ¿quién conserva por mas tiempo su inercia?). El que sigue por la carretera, y se detiene mas pronto el que va por la arena.

ROZAMIENTO:

CLASES DE ROZAMIENTOS

En todo lo estudiado respecto de energía mecánica, no consideramos en absoluto la existencia de las fuerzas de rozamiento o de frotamiento. Estas inciden en forma fundamental en el movimiento y desplazamiento de los cuerpos. Hablamos de la importancia de los rozamientos al tratar del péndulo, intercambio de energía, caída de los cuerpos, etc.

La existencia de rozamiento hace que al dejar de pedalear en una bicicleta, ésta se detenga después de un instante.

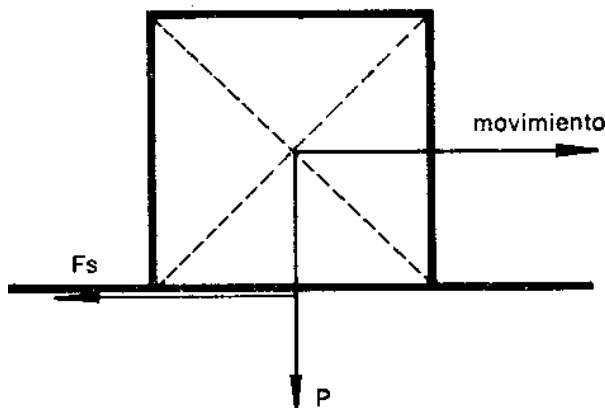
Por causa de los rozamientos es que los diferentes mecanismos no brindan un rendimiento al cien por cien. La lubricación de determinadas piezas de un motor está justificada por la existencia de rozamientos que de ese modo se ven atenuados.

ROZAMIENTO POR DESLIZAMIENTO

Es el caso de un cuerpo que se desliza por una superficie cualquiera.

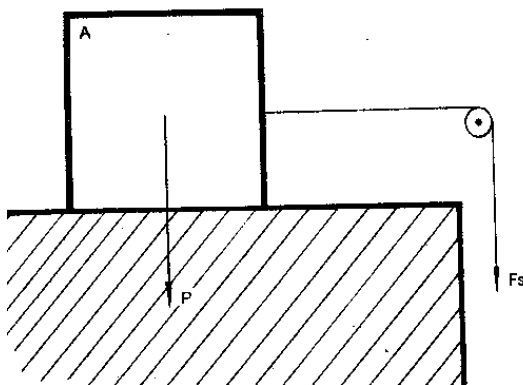
Ejemplo: un cuerpo colocado en el suelo, que se desplaza mediante cierta fuerza.

Se originan rozamientos por falta de pulido del cuerpo y del plano sobre el cual se produce el desplazamiento. Aun en el caso de superficies muy bien pulidas, se producen rozamientos originados por las llamadas fuerzas de cohesión molecular. La adherencia tiene una particular importancia, cuando las superficies son muy lisas. Además la naturaleza de las mismas influye.



1° ROZAMIENTO SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL

Tenemos el cuerpo (C) de peso conocido, sobre una superficie de madera (M-N). Si en el platillo(a), agregamos pesas, llegará un instante en que el cuerpo (C) comienza a desplazarse.



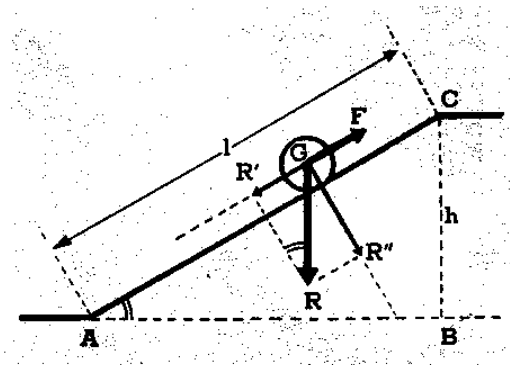
Si luego colocamos el mismo cuerpo en una superficie metálica no pulida y posteriormente en otra pulida, verificaremos al repetir el proceso anterior que, en cada caso, las fuerzas originadas por las pesas serán distintas.

El coeficiente de rozamiento es mayor en el momento del arranque que durante el estado de movimiento.

2° ROZAMIENTO DE PLANO INCLINADO

Si la superficie (M-N) de la experiencia anterior la inclinamos progresivamente (esto se logra mediante un mecanismo especial de engranajes) hasta lograr un ángulo (x), llegará un instante en que el cuerpo comienza a deslizarse según la fuerza.

Recordemos que en el caso del plano inclinado, existe una fuerza (N), fuerza de reacción. La fuerza (N) es una fuerza perpendicular al plano, por lo tanto, si el ángulo (x) permanece constante, la fuerza (f) depende de esa fuerza (N), dicho en otras palabras:



Cuando un cuerpo se desliza por un plano inclinado, la fuerza de frotamiento depende de la componente normal (o perpendicular) en que puede descomponerse la fuerza peso (y no del peso en sí).

POLEAS

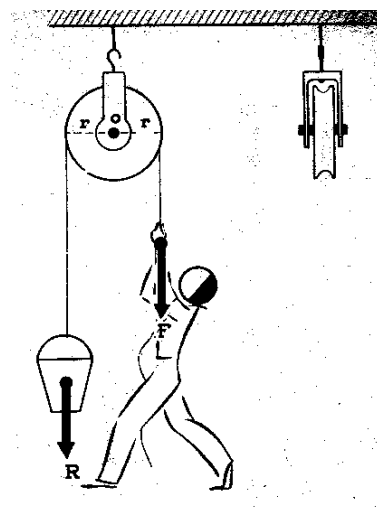
Es un mecanismo que consta de un disco material (madera o metal) con su periferia acanalada por la cual puede adaptarse una soga o cadena que, al desplazarse, la hace girar alrededor de un eje que se encuentra en su centro.

Podemos distinguir dos tipos de poleas:

- Polea fija
- Polea móvil

POLEA FIJA

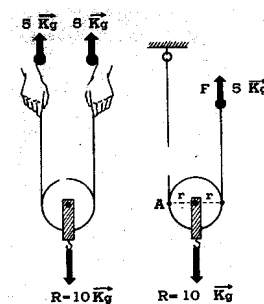
Cuando el desplazamiento de la soga hace girar la polea sin que esta se desplace, se llama fija. Tal es el caso tan conocido de las "ROLDANAS". Las poleas fijas se utilizan solamente para cambiar de dirección, NO reducen fuerza, facilitan el trabajo.



POLEA MÓVIL

La polea es móvil si al deslizarse la sog o cadena se reduce simultáneamente el desplazamiento de la polea. Con la polea móvil se beneficia al trabajo por que con ella se gana fuerza y comodidad.

“Polea móvil es aquella que al girar provoca el desplazamiento de su eje de giro.”



POLEAS Y PALANCAS, BENEFICIAN EL TRABAJO

Como las poleas son, en síntesis, palancas (de 1° y 2° género) resulta, que una polea fija o móvil no gana trabajo, sino que lo facilita. Recordemos que en la polea móvil se ahorra fuerza, pero, cuando la fuerza se desplaza una distancia (h), la resistencia recorre h/2, es decir, mitad de fuerza pero doble recorrido.

En el caso de aparejos ocurre lo mismo.

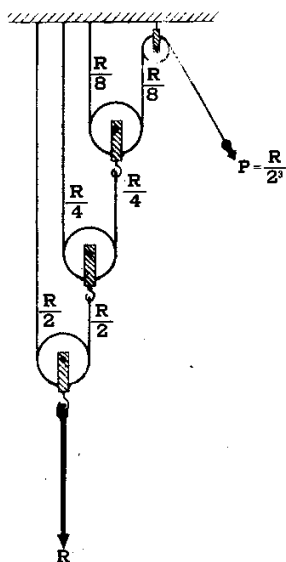
APAREJO

Se conoce como aparejo, a la combinación de poleas fijas y móviles. Según la disposición que aquellas adopten, tendremos:

- APAREJO POTENCIAL
- APAREJO FACTORIAL
- APAREJO DIFERENCIAL

APAREJO POTENCIAL

Es el conjunto de dos o más poleas móviles y una fija, dispuesta como indica la figura.

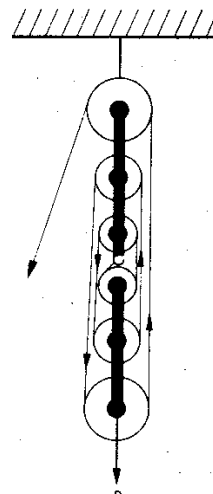


Un aparejo potencial está en equilibrio cuando la potencia es igual a la resistencia dividida por dos elevado al N° de poleas móviles.

APAREJO FACTORIAL

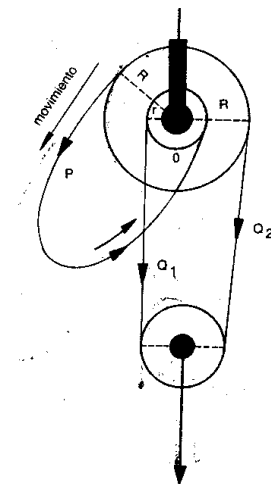
Es el Sistema formado por dos o más poleas móviles reunidas en una sola armadura y un número igual de poleas.

El aparejo factorial está en equilibrio cuando la potencia es igual a la resistencia dividida por el doble de poleas móviles.



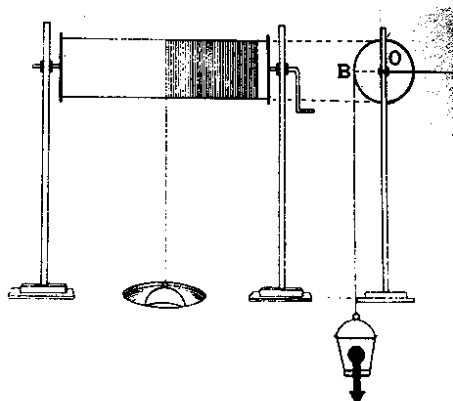
APAREJO DIFERENCIAL

Consta de dos poleas fijas sólidamente unidas (formando una sola pieza) y una móvil. Las dos son de distintos radios. El aparato diferencial, la potencia es igual al producto de la resistencia por la diferencia de los radios de las poleas fijas, dividido por el doble del radio de la mayor de ellas.



TORNO

El torno no es sino una palanca con forma apropiada para que dé muchas vueltas y pueda arrollar una soga. Lo constituye un cilindro que por medio de una manija gira alrededor de un eje, que permanece fijo. La condición de equilibrio del torno es la misma que la de la palanca.



ENGRANAJES

Son simples combinaciones de palancas de forma especial.

