MANUAL DEL SUB-OFICIAL SUPERIOR

MODULO I DE IV

EDICION 2012

INDICE

FISICA Y QUIMICA

Química y física del fuego
Definiciones y propiedades fundamentales 2
Combustión 4
Principios del fuego 8
Medida del calor 13
Transmisión del calor 17
Fuentes de energía calorífica o focos de ignición 21
Material combustible 30
Calor 31
llama 32

FISICA

Física 34

ELECTRICIDAD

Teoría 42
Generadores elementales 58
Redes de distribución 66
Sistema de desconexión de una vivienda 69
Subestación transformadora 72
Capacitores 75
Electricidad: Maniobras y procedimientos 76
Resumen de prevención en las maniobras 78
5 reglas de oro 78
Riesgo eléctrico 79
Distancias de seguridad 85
Medidas de protección 85

HIDRAULICA

Introducción 91
El agua 91
Propiedades de los líquidos 93

GASES INFLAMABLES

Generalidades 101
Actuaciones en emergencias 115
Clasificaciones de riesgos 127
Riesgos principales de los gases 138
Bleve 141
Control de gases en caso de emergencia 148
Consejos útiles 155
Tabla equivalencia presión y carga de agua 157

QUIMICA Y FISICA DEL FUEGO

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 = 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 más 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:

  Densidad relativa

  Es la relación entre el peso específico del cuerpo y el peso específico de la sustancia de referencia

  La sustancia de referencia es aire para los gases y agua para los sólidos y líquidos

$$\text{Densidad relativa} = Sc = dr = \frac{\gamma\ \text{cuerpo}}{\gamma\ \text{referencia}} = \frac{\rho_c g}{\rho_r g} = \frac{\rho_c}{\rho_r}$$

La densidad relativa es adimensional:

Densidad relativa del agua: Sa = 1

Densidad relativa - Gases

Aire	1.00		Hidrógeno	0.07
Amoníaco	0.60		Neón	0.70
Argón	1.38		Nitrógeno	0.97
Butano	2.00		Óxido nitroso	1.53
Cloro	2.49		Monóxido de carbono	0.97
Gas carbónico	1.53		Oxígeno	1.10
Helio	0.14		Ozono	1.72

$\rho_{aire} = 1293\ g/m^3$ Masa $molar_{aire\ 25\ °C} = 28.96\ g/mol$

- **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 más 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.

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 más 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 Oxigeno 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 (NaNO3) y el Clorato Potásico (KClO3).
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.

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 más 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, más 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 “desecación” 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 ¾ 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 ganado 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 más 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.

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 más bajas. La temperatura se mide en grados.

1. UNIDADES DE TEMPERATURA.

- **Grado Celsius**: también llamado centígrado. Un grado centígrado (ºC), 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**: (ºK), 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 ºC. El cero de la escala Kelvin es la temperatura mas baja que puede alcanzarse. La escala Kelvin proporciona las denominadas temperaturas absolutas.
- **Grado Fahrenheit**: (ºF), 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**: (ºR), tiene la misma magnitud que el grado Fahrenheit. En la escala Rankine el cero es 459,67 ºF. Por lo tanto, la escala Rankine proporciona también temperaturas absolutas. Ni los ºF ni los ºR son unidades SI (Le Systeme International d´Unites - Sistema Internacional de Unidades - SI) aprobadas. Su utilización no es aconsejada.

Centígrados o Celsius a Fahrenheit

Centí-grados o Celsius	Fahrenheit	Centí-grados o Celsius	Fahrenheit	Centí-grados o Celsius	Fahrenheit	Centí-grados o Celsius	Fahrenheit
		20	68	50	122	80	176
0.1	32.18	21	69.8	51	123.8	81	177.8
0.2	32.36	22	71.6	52	125.6	82	179.6
0.3	32.54	23	73.4	53	127.4	83	181.4
0.4	32.72	24	75.2	54	129.2	84	183.2
0.5	32.9	25	77	55	131	85	185
0.6	33.08	26	78.8	56	132.8	86	186.8
0.7	33.26	27	80.6	57	134.6	87	188.6
0.8	33.44	28	82.4	58	136.4	88	190.4
0.9	33.62	29	84.2	59	138.2	89	192.2
1	33.8	30	86	60	140	90	194
2	35.6	31	87.8	61	141.8	91	195.8
3	37.4	32	89.6	62	143.6	92	197.6
4	39.2	33	91.4	63	145.4	93	199.4
5	41	34	93.2	64	147.2	94	201.2
6	42.8	35	95	65	149	95	203
7	44.6	36	96.8	66	150.8	96	204.8
8	46.4	37	98.6	67	152.6	97	206.6
9	48.2	38	100.4	68	154.4	98	208.4
10	50	39	102.2	69	156.2	99	210.2
11	51.8	40	104	70	158	100	212
12	53.6	41	105.8	71	159.8	200	392
13	55.4	42	107.6	72	161.6	300	572
14	57.2	43	109.4	73	163.4	400	752
15	59	44	111.2	74	165.2	500	932
16	60.8	45	113	75	167	600	1112
17	62.6	46	114.8	76	168.8	700	1292
18	64.4	47	116.6	77	170.6	800	1472
19	66.2	48	118.4	78	172.4	900	1652
		49	120.2	79	174.2	1000	1832

- De grados centígrados a fahrenheit **°F = (°C x 9 : 5) + 32**
- De grados Fahrenheit a centígrados **°C = (°F – 32) x 5 : 9**

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 60ºF, - 15ºC). 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 ºF, - 15,5 ºC). 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 bimetálicos**. 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 ESPECÍFICO.

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 (ºC) o cal/g (ºC) o Btu/lb (ºF). El agua tiene un calor específico de 4,2 J/g (ºC) = 1 Btu/lb (ºF).
Los calores específicos de las distintas sustancias varían ampliamente. Las mas comunes, excepto el agua, tienen calores específicos inferiores a 4,2 J/g (ºC).
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 0ºC (32ºF) es 333,4 J/g. El calor latente de vaporización en el punto de ebullición de 100ºC (212 ºF) es 2.257 J/g (970,3 Btu/lb o 539,5 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.

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 . ºC) o el W/ cm . ºC.
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 (*e*) y su calor específico (*c*). El producto de estos dos últimos valores (*ec*) 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/ (cm^3 . ºC), 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 (cm^3 . seg . ºC).
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.

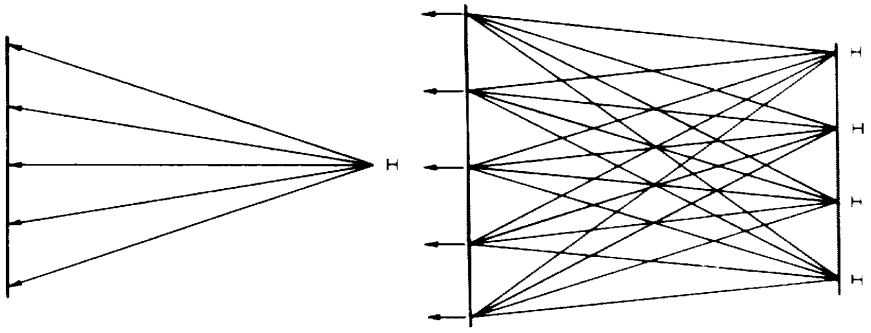


FIG. 1-4B. Comparación del calor absorbido por superficies de áreas semejantes, desde un foco puntual (izquierda) y desde una superficie radiante grande (derecha).

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 más caliente al más 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:

$$q = \acute{\varepsilon} \cdot \sigma \cdot T^4$$

q = la emisión radiante por unidad de superficie.

ɛ́ = 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/ (cm^2 . $ºK^4$).

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 ºC 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 100ºC (hasta 360 ºC), o que aumente 240ºC (hasta 500ºC)?

- En primer lugar, convertimos los ºC en ºK 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 (260ºC), mediante:
  $q = o\ (260 + 273)^4 = 5{,}67 \times 10^{-12} \times (533)^4 = 0{,}46$ watios/cm^2.
- Los valores correspondientes de las emisiones radiantes por unidad de superficie a temperaturas mas elevadas son:
  $q = o\ (360 + 273)^4 = 0{,}91$ watios/cm^2
  $q = o\ (500 + 273)^4 = 2{,}0$ watios/cm^2
- Vemos que al aumentar la temperatura de la estufa en 100ºC 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 633ºK.
- Por último, si por descuido la estufa alcanzase 500ºC, emitiría 2,0 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.

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 Btu/lb = 2,32 J/gr y 1 cal/ g = 4,18 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 calienten 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 riesg9 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.

Es el que se desprende de la compresión de un gas. También se denomina efecto diesel. El hecho de que la temperatura de un gas aumente cuando se le comprime ha

encontrado aplicación práctica en los motores diesel, en los que el calor de la compresión elimina la necesidad de un sistema de ignición por chispas. Inicialmente, se comprime el aire en el cilindro de estos motores y a continuación se inyecta un chorro de aceite combustible en el interior del aire comprimido. El calor que se desprende al comprimirse el aire basta para que el aceite entre en ignición. Cuando un chorro de aire presurizado se dirige sobre una oquedad de un bloque de madera ésta puede entrar en ignición. Aparentemente, las ondas de compresión que se generan en la cavidad se convierten en calor, aumentando la temperatura de la madera a su punto de ignición. Sustituyendo la madera por conexiones de tuberías, puede inflamarse una película de aceite en la superficie interior de dichas conexiones.

4. ENERGIA CALORÍFICA DE ORIGEN NUCLEAR.

La energía nuclear es la que despide 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.

Resumen:

Fenomenología de los Incendios

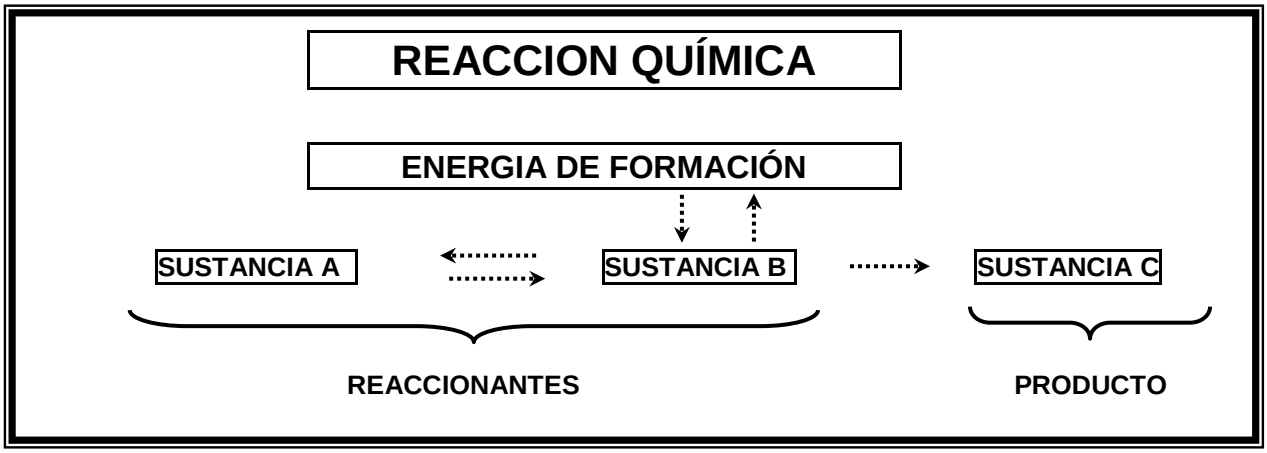
ATOMO
Partícula Básica

ELEMENTO
Formado por un solo tipo de átomo**.**

MOLECULAS
Formadas por dos o más átomos.
a) Elemental (Un solo átomo)
b) Combinada (Varios elementos)

COMPUESTOS
Sustancias formadas por un solo tipo de molécula combinada**.**

MEZCLA
Sustancia formada por varios tipos de moléculas combinadas



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.

a. Proporciones adecuadas
b. Energía de activación suficiente.

COMBUSTIÓN

CONDICIONES ESPECIALES

COMBUSTIBLE + OXIDANTE = PRODUCTO + CALOR

(REACCION QUÍMICA EXOTÉRMICA)

POR SU VELOCIDAD

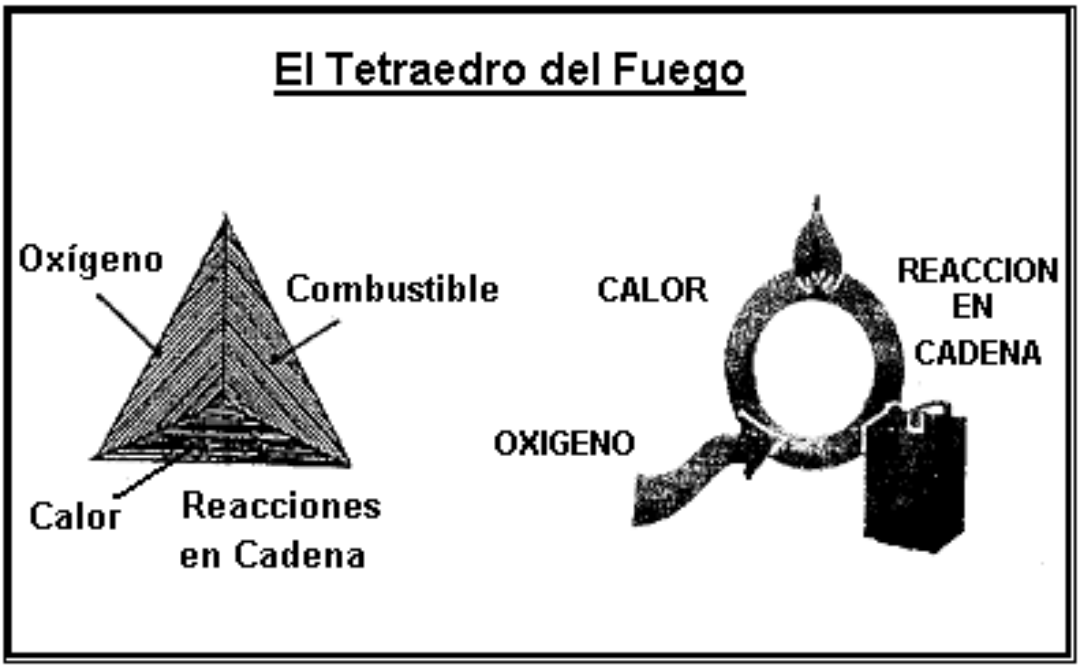
LENTA: Generación lenta de calor poco sensible.(Respiración, oxidación de metales).
RAPIDA: Generación de calor sensible y presencia de luz. (Vela, Cigarrillo).
INSTANTÁNEA: En fracciones de segundo, acumulación de gases liberados.

FUEGO

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

TETRAEDRO DEL FUEGO

1.- Material combustible.
2.- Agente Oxidante.
3.- Calor.
4.- Reacción en cadena.



MATERIAL COMBUSTIBLE

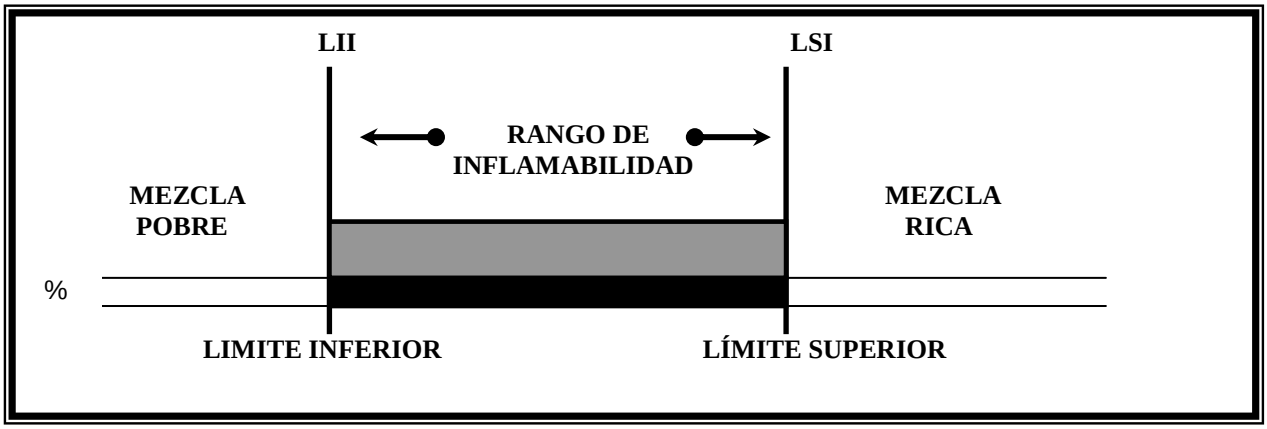
DEFINICIÓN: Sustancia capaz de entrar en combustión.
Propiedades físicas.
Características químicas.
Estado y forma.

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

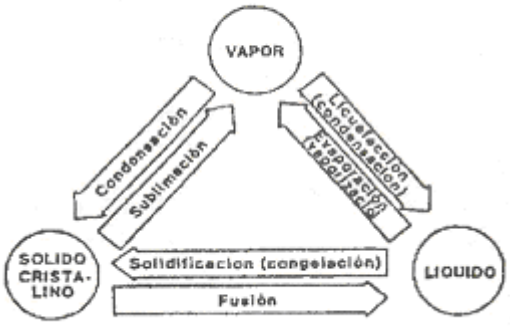
a .- Elementos Naturales. (Carbón; Azufre, etc.)
b.- Compuestos Orgánicos.
c.- Compuestos Sintéticos.
d.- Metales.

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 ºC; ºF; ºK.

CALOR ESPECÍFICO

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 líquido iguala a la presión atmosférica

CALOR DE VAPORIZACION

Cantidad de calor que un gramo de líquido 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 oxigeno
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

La llama se define como el medio gaseoso en el que se desarrollan las reacciones de combustión; aquí es donde el combustible y el comburente se encuentran mezclados y en reacción.
Todas las reacciones de combustión son muy exotérmicas y desprenden gran cantidad de energía en forma de calor. La llama es provocada por la emisión de energía de los átomos de algunas partículas que se encuentran en los gases de la combustión, al ser excitados por el intenso calor generado en este tipo de reacciones.

Tipos de llamas
Atendiendo a como se incorpora el oxígeno a la llama, podemos distinguir:

Llamas de premezcla.- Cuando el combustible y comburente van mezclados previamente a la combustión, como en el caso de un mechero bunsen. En estas llamas la combustión es más completa y permiten alcanzar mayores temperaturas, presentando otras características como la tonalidad azul.

Llamas de difusión.- Cuando el comburente se incorpora a la combustión debido al movimiento convectivo de la propia llama, como en el caso de una vela. En este caso la reacción se produce en el exterior de la llama y la combustión es más incompleta y por lo tanto alcanzan una menor temperatura. Estas llamas pueden variar de color aunque predomina el amarillo.

Estructura de la llama

Llamas de premezcla

Se pueden diferenciar tres zonas:

- Zona de precalentamiento: Al salir la mezcla de combustible/comburente aún no posee la temperatura necesaria para reaccionar, aumentando esta según se aproxima a la siguiente zona
- Zona de reacción: Una vez alcanzada la temperatura de ignición la mezcla reacciona liberando calor y formando los productos en función de los reactivos.
- Zona de post reacción: Los gases productos de la reacción se van enfriando y dejan de emitir luz.

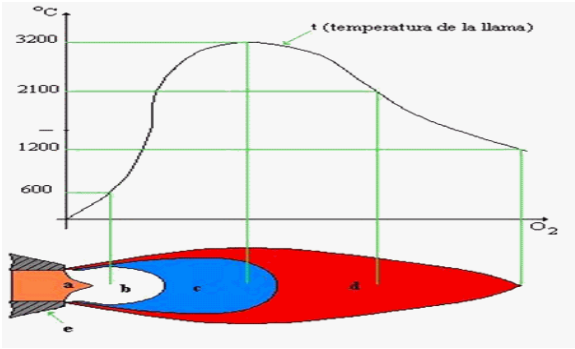
Llamas de difusión

Debido a su complejidad, es donde más se ha avanzado gracias a los avances en el aparataje de medición, pudiendo describirse varios modelos.

Modelo de tres zonas o las partes de la llama

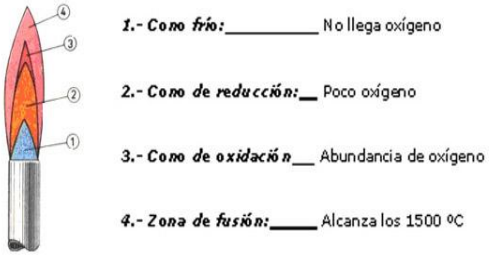
El primero que publicó un estudio científico sobre la llama y su estructura fue Michael Fadary en 1908 con The Chemical History Of A Candle en el que mediante unos sencillos experimentos identificó tres zonas en la llama:

- Zona interna: La cera fundida de la vela se vaporiza alrededor de la mecha, creando una zona en la que lo único que hay es gases combustibles por lo que no puede combustionar. A esta zona también se le denomina zona fría o zona oscura ya que en ella no se emite luz.
- Zona intermedia: En el límite de la zona interna el combustible comienza a mezclarse con el oxígeno circundante permitiendo su combustión. Es la región en la que la temperatura es muy elevada de forma que emite luz.
- Zona externa: En ella predomina el oxígeno circundante, por lo que los radicales libres formados en las zonas de mayor temperatura se combinan con el oxígeno completando la oxidación o bien escapando en forma de hollín.



Modelo de cuatro zonas

Estudios más recientes han permitido observar que las llamas de difusión presenta zonas en las que su combustión se asemeja a las llamas de premezcla en aquellas zonas que mejor aporte de oxígeno tienen, en la zona inferior y en la capa más externa, apreciable a simple vista ya que presentan características comunes como poca luminosidad y color azulado.



Partes de la llama:

1) zona fría (cono interno)
2) 300º - 350º
3) zona reductora (cono luminoso) 1570º - 1540º
4) zona oxidante (cono calorífero) 1540º

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.

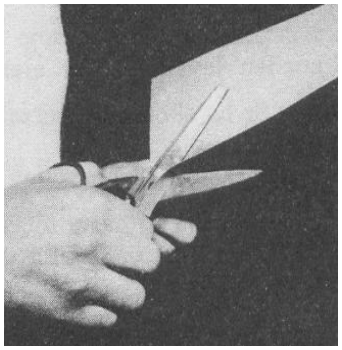
HIPÓTESIS: suposición de una cosa para sacar de ella una consecuencia. La que se formula para servir de guía en una investigación científica.

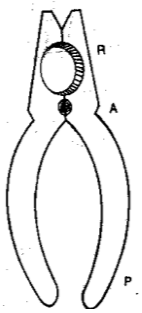
PALANCA: consiste en una barra rígida que puede girar alrededor de un punto llamado **punto de apoyo**.

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.

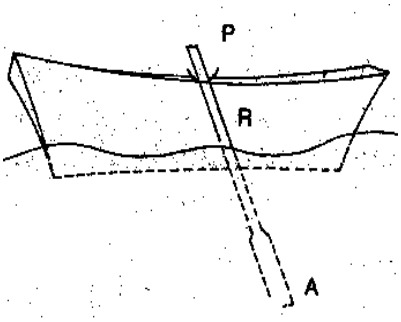
PALANCA DE 1° GÉNERO:

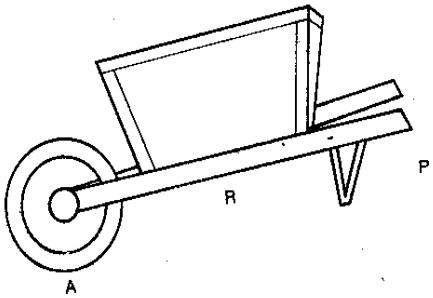
El punto de apoyo, está situado entre la potencia y la resistencia.



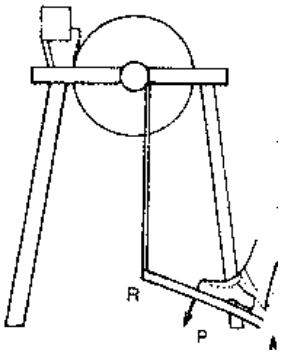


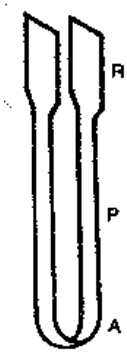
PALANCA DE 2° GÉNERO:
La resistencia está entre el punto de apoyo y la potencia.



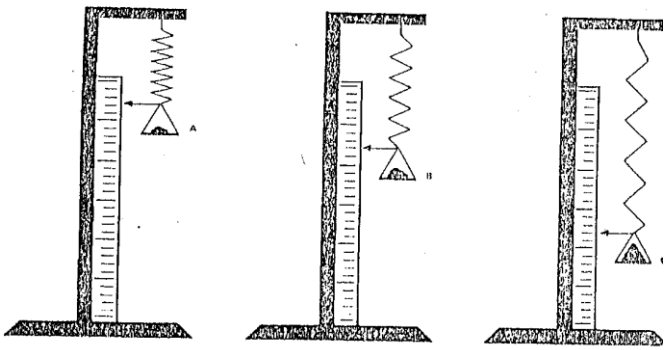


PALANCA DE 3° GÉNERO:
La potencia está entre el punto de apoyo y la resistencia.





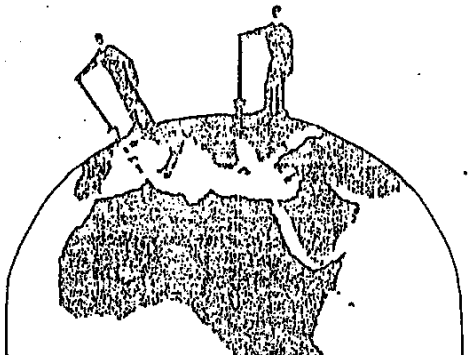
LA FUERZA DE GRAVEDAD
Si analizamos el proceso verificado al colgar de un resorte un peso o de suspenderlo de un hilo, comprobaremos que siempre el estiramiento se produce en sentido hacia el centro de la tierra, por lo cual diremos:
LA FUERZA DE GRAVEDAD TIENE SENTIDO HACIA EL CENTRO DE LA TIERRA.

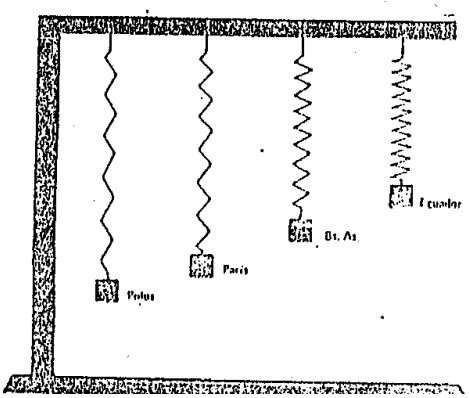


Podríamos también comprobar que el mismo cuerpo colocado en el mismo resorte, pero considerado en distintos lugares de la tierra provocará diferentes estiramientos, lo que permite expresar:
LA FUERZA DE ATRACCIÓN DE LA GRAVEDAD NO ES IGUAL EN TODOS LOS PUNTOS DE LA TIERRA.
Se ha podido comprobar al respecto que la fuerza de atracción es mayor en los polos que en el ecuador, por lo cual:

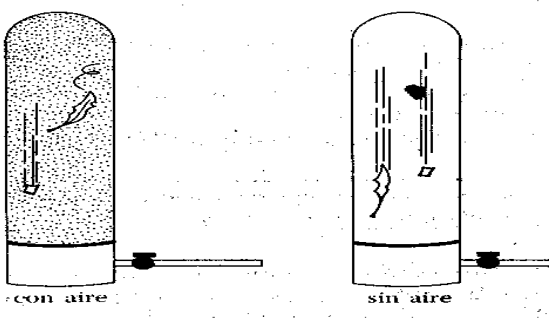
EL PESO DE UN CUERPO VARIA CON LA LATITUD DEL LUGAR, SU VALOR MÁXIMO LO ADQUIERE EN LOS POLOS Y DISMINUYE EN EL ECUADOR.

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. Invirtió el tubo y comprobó que ambos cuerpos (pluma y metal) llegaban simultáneamente al otro extremo del tubo.



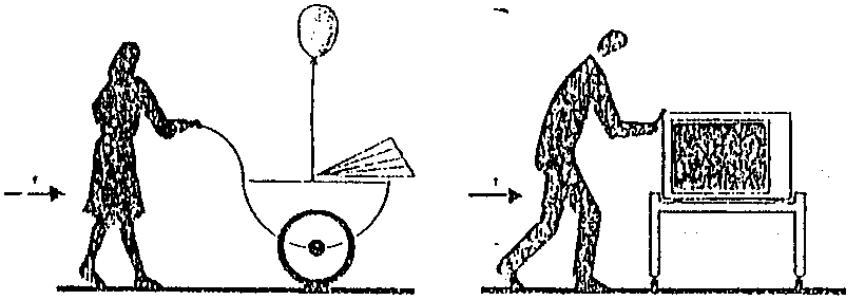
FUERZA:
Es todo lo que tiende a modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.

ELEMENTOS DE UNA FUERZA:

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

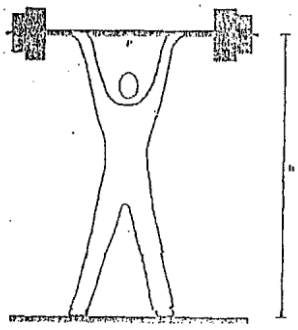
TRABAJO:
IDEA DE TRABAJO:
El proceso de levantar un cuerpo cualquiera hasta cierta altura, nos da la idea de trabajo. Los hechos de correr un mueble a través de cierta distancia o el empujar a un niño en un cochecito, también nos dan inmediata idea de un trabajo realizado.

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.

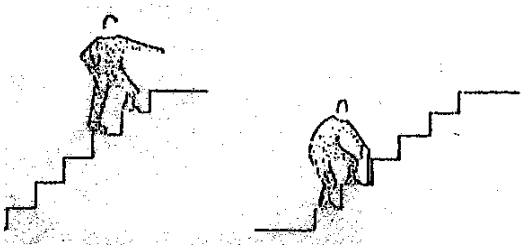
Ahora bien, en ambos casos, el trabajo realizado es el mismo, ya que la fuerza (P) y la altura hasta la cual suben, son las mismas respectivamente.

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.



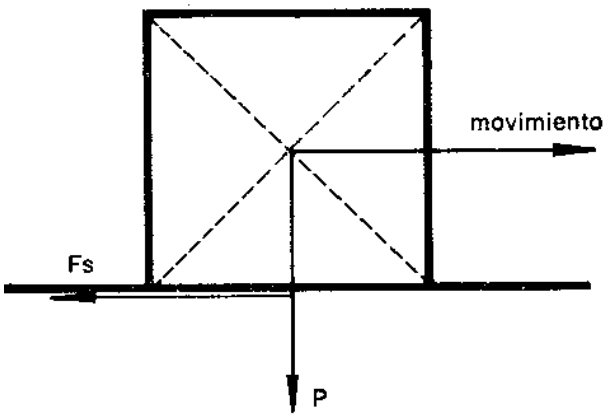
INERCIA:
Es la propiedad que tienen todos los cuerpos por la cual tienden a permanecer en estado de reposo o de movimiento en que se encuentren.
Podríamos decir también que inercia es la propiedad que poseen los cuerpos de no poder cambiar por si mismos su estado de reposo o de movimiento.
Muchas veces andamos en bicicleta, hemos dejado de pedalear,¿qué pasa entonces?, que seguimos andando. ¿Indifinitivamente?. 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 más lejos?(es decir, ¿quién conserva por más tiempo su inercia?). El que sigue por la carretera, y se detiene más 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.

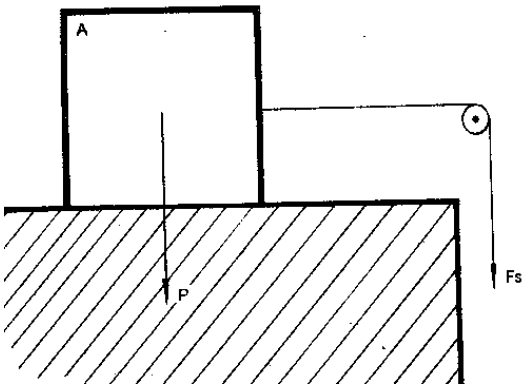
ROZAMIENTO POR DESLIZAMIENTO
Es el caso de un cuerpo que se desliza por una superficie cualquiera.
Ejemplo: un cuerpo colocado en el suelo, que se desplaza mediante cierta fuerza.
Se originan rozamientos por falta de pulido del cuerpo y del plano sobre el cual se produce el desplazamiento. Aun en el 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.



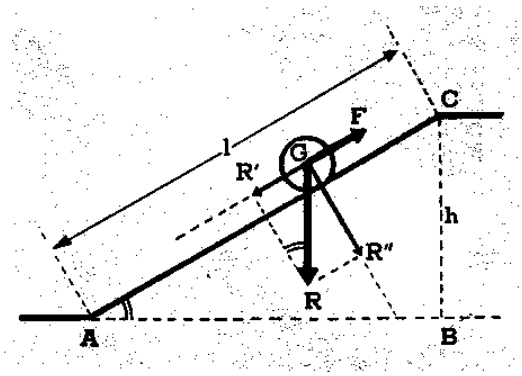
Si luego colocamos el mismo cuerpo en una superficie metálica no pulida y posteriormente en otra pulida, verificaremos al repetir el proceso anterior que, en cada caso, las fuerzas originadas por las pesas serán distintas.

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:



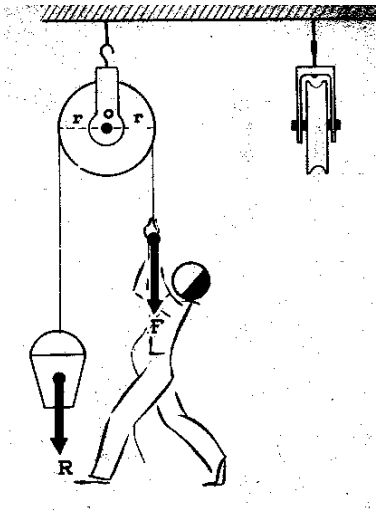
Cuando un cuerpo se desliza por un plano inclinado, la fuerza de frotamiento depende de la componente normal(o perpendicular) en que puede descomponerse la fuerza peso (y no del peso en si).

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**



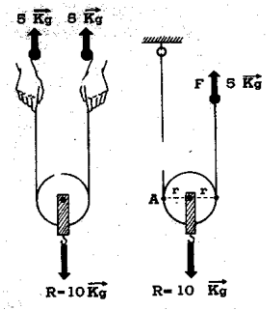
POLEA FIJA

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 soga 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.

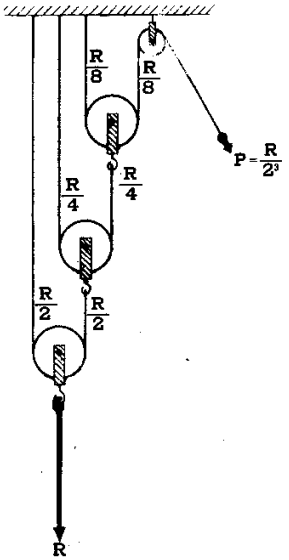
APAREJO

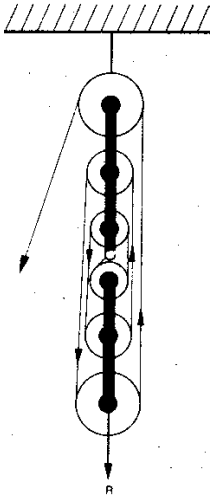
Se conoce como aparejo, a la combinación de poleas fijas y móviles. Según la disposición que aquellas adopten, tendremos:

- **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.

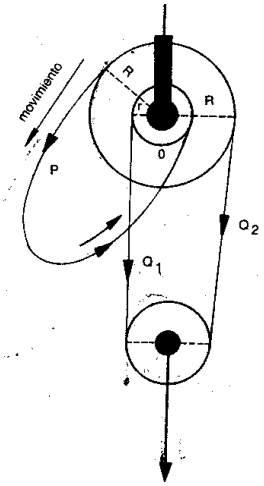




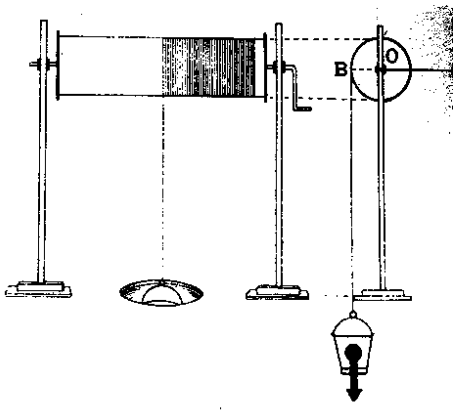
Un aparejo potencial está en equilibrio cuando la potencia es igual a la resistencia dividida por dos elevado al N° de poleas móviles.

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.

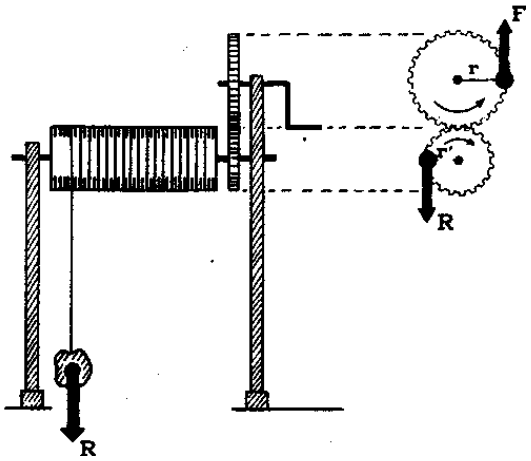
APAREJO DIFERENCIAL
Consta de dos poleas fijas sólidamente unidas (formando una sola pieza) y una móvil. Las dos son de distintos radios. El aparejo diferencial, la potencia es igual al producto de la resistencia por la diferencia de los radios de las poleas fijas, dividido por el doble del radio de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



ELECTRICIDAD

Teoría Electrónica

Todos los efectos de la electricidad pueden explicarse y predecirse presumiendo la existencia de un diminuta partícula denominada "electrón". Aplicando esta Teoría Electrónica los hombres de ciencia han hecho predicciones y descubrimientos que pocos años atrás parecían imposibles. En vista de que la presunción de la existencia del electrón ha conducido a tantos descubrimientos importantes en el campo de la electricidad, la electrónica, la química y la física atómica, podemos suponer sin temor a equivocamos que el electrón es una realidad. Todos los equipos electrónicos han sido diseñados basándose en la Teoría Electrónica.

El estudio de la electricidad se basará en la teoría electrónica. Esta teoría afirma que todos los efectos eléctricos y electrónicos, obedecen al desplazamiento de electrones de un lugar a otro, o a que en un lugar determinado hay una cantidad demasiado grande o demasiada pequeña de electrones.

Se dice que la electricidad es la acción que producen los electrones al trasladarse de un punto a otro, a la falta o al exceso de electrones en un material. Antes de trabajar con electricidad, se deberá saber con exactitud, qué es un electrón y por qué razón se desplaza en un material. Para que los electrones puedan moverse es necesario que alguna forma de energía se convierta en electricidad. Se pueden emplear seis formas de energía, cada una de las cuales podría considerarse como fuente

independiente de electricidad.

Sin embargo, antes de estudiar los tipos de energía capaces de provocar el desplazamiento de un electrón, se deberá saber primero qué es un electrón. Pero como el electrón es una de las partículas del átomo tendremos que conocer algo de la estructura atómica de la materia.

La molécula

Se dice que los electrones son pequeñísimas partículas de electricidad, pero es probable que no se tenga una idea muy clara sobre la función que desempeñan los electrones en la formación de todos los materiales que nos rodean. Para adquirir una noción del electrón examinaremos cuidadosamente la composición de cualquier material común: Por ejemplo una gota de agua.

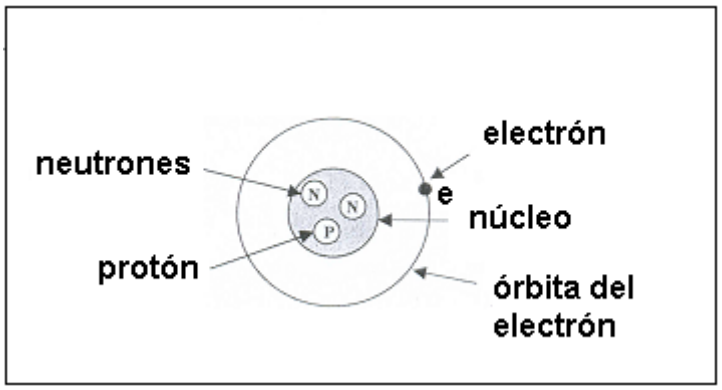
Si tomamos esta gota de agua y la dividimos en dos gotas y así sucesivamente unos cuantos miles de veces, obtendremos una gotita minúscula, tan pero tan pequeña que para observarla deberemos utilizar un potente microscopio.

Pero esta pequeñísima gotita de agua seguiría conservando todas las características químicas de agua. Pero si seguimos dividiendo llegará un momento en que la gotita será tan chica que toda nueva división le haría perder las características químicas del agua. Esta partícula de agua más pequeña posible se denomina "molécula".

Si pudiéramos lograr un mayor aumento, observaríamos que la molécula de agua consta de tres partes íntimamente unidas, a saber: dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H_2O).

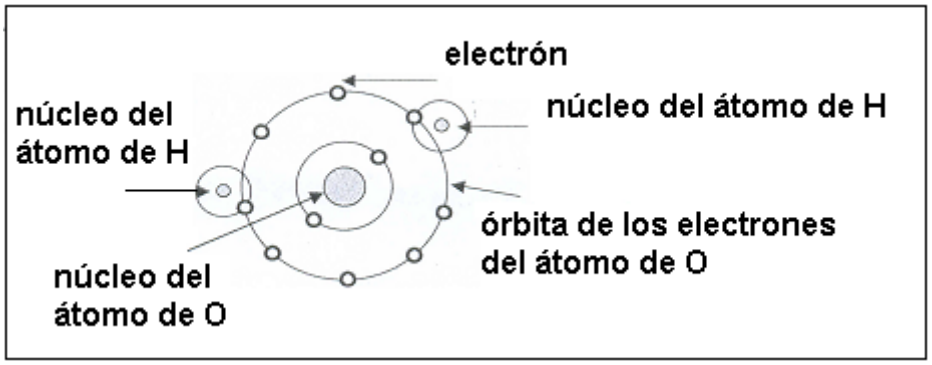
El átomo

Las partículas básicas de la composición química de la materia se denominan átomos, siendo sus dimensiones extremadamente reducidas. El átomo tiene un núcleo compacto, alrededor del cual giran en órbita los electrones, que son unidades de materia cargadas negativamente y neutrones que no poseen carga. Como modelo didáctico podemos graficar al átomo de la siguiente forma:



Todos los materiales están formados por moléculas consistentes en diversas combinaciones de sólo cien (100) tipos distintos de átomos, examinaremos ahora el átomo de hidrógeno de la molécula de agua.

Molécula de Agua



Los materiales están hechos por distintas combinaciones de átomos que forman las moléculas de éstos. Sólo existen unos 100 tipos distintos de átomos, a los cuales de los conoce con el nombre de elementos. Por ejemplo: el carbono, el oxígeno, el hidrógeno, el hierro, el oro, el nitrógeno, etcétera, son todos elementos. El cuerpo humano, con todos sus complicados tejidos, sólo está formado por 15 elementos, de los cuales únicamente 6 se encuentran en cantidades apreciables.

Los electrones de las órbitas más externas del átomo son atraídos por el núcleo con menor fuerza que los electrones cuyas órbitas están más cerca. A los electrones exteriores se los llama electrones "libres" y se los puede expulsar fácilmente de sus órbitas, mientras que a los electrones de las órbitas interiores se los denomina electrones "fijos" porque no se los puede expulsar de sus órbitas con facilidad. Lo que produce la corriente eléctrica es el movimiento de los electrones "libres".

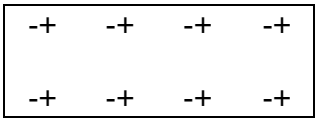
Corriente eléctrica

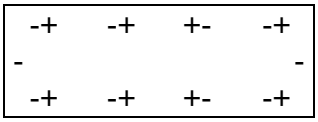
Se denomina así al efecto que producen los electrones al trasladarse de un punto a otro de un conductor, o al efecto que produce su exceso o su defecto en un material conductor.

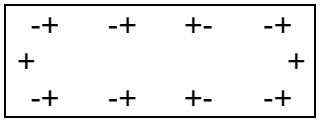
Electricidad estática

Los electrones giran alrededor del núcleo del átomo y son mantenidos en sus órbitas por la atracción de la carga positiva del núcleo. Si de algún modo se pudiese expulsar al electrón de su órbita la acción de ese electrón se manifestaría el fenómeno que conocemos como electricidad.

Los electrones que son expulsados de sus órbitas por cualquier motivo, dejarán un déficit de electrones en el material que abandonan y producirán un exceso de electrones en el punto al cual se han trasladado. Este exceso de electrones en un material se denomina carga "negativa", mientras que la falta de electrones en el otro material se denomina carga "positiva". Cuando existen estas cargas se tiene lo que se denomina "electricidad estática".







La principal fuente de electricidad estática que habrá de utilizarse será el frotamiento. Si se frotan dos materiales diferentes entre sí, los electrones de uno de

ellos pueden ser expulsados de sus órbitas de carga negativa, mientras el material que capta los electrones tendrá entonces carga negativa, mientras el material que pierde electrones adquirirá carga positiva.

Los materiales cargados de electricidad estática se comportan de la siguiente manera. Por ejemplo, si se coloca una esferita cargada positivamente cerca de otra cargada negativamente, ambas se atraen entre sí. Si las cargas son suficientemente grandes y las esferas son livianas y tienen libertad para moverse, se pondrán en contacto. Pueden moverse o no, siempre habrá fuerza de atracción entre cargas distintas.

Empleando dos bolitas de cargas iguales, sean positivas o negativas encontraremos que se repelen.

Conductores y aisladores

Se escucha muchas veces decir que el conductor es un mal aislador y que el aislador es un mal conductor. Si bien esta definición no explica exactamente qué es un conductor ni qué es un aislador no por eso deja de ser cierta. Los conductores son materiales que ofrecen muy poca oposición al paso de la corriente eléctrica y por lo tanto, se los emplea para transmitir o conducir electricidad. Los aisladores son materiales que ofrecen mucha oposición al paso de corriente y por tanto, se los utiliza para bloquear o aislar el paso de corriente. Tanto los conductores como los aisladores conducen corriente, pero en cantidades sumamente distintas. El paso de corriente por un aislador es tan pequeño que por lo general se lo considera equivalente a cero.

Los materiales que son buenos conductores tienen gran cantidad de electrones libres, mientras que los aislantes no, puesto que no ceden fácilmente los electrones de las órbitas externas de sus átomos. Los metales son los mejores conductores, empleándose comúnmente para transportar corriente eléctrica el alambre de cobre, aluminio, etc.

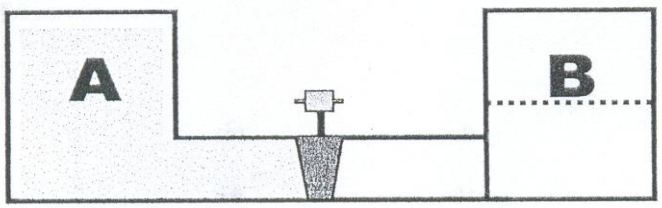
El vidrio, el papel, la goma, materiales cerámicos y ciertos plásticos se utilizan comúnmente como aisladores. Hasta los mejores conductores tienen cierta resistencia que limita el flujo de corriente eléctrica que pasa por ellos. La resistencia de cualquier objeto como un conductor de alambre, por ejemplo, depende de cuatro factores: la naturaleza del material; su longitud; su sección y su temperatura.

Diferencia de potencial o tensión

La fuerza que produce el movimiento de los electrones a través de un conductor en forma de corriente eléctrica se denomina, indistintamente:

- Diferencia de potencial,
- Tensión, o
- Fuerza electromotriz

Cuando existe una diferencia de potencial entre dos cuerpos cargados eléctricamente conectados por un conductor, los electrones fluirán a través del conductor desde el cuerpo cargado negativamente hacia el cargado positivamente, hasta que las dos cargas se equilibren y no exista más diferencia de potencial entre ellas. Una analogía de este proceso se ilustra en la figura siguiente.



Unidad de Tensión o Diferencia de Potencial

La unidad básica de diferencia de potencial, tensión o fuerza electromotriz, es el voltio, que representa la fuerza que hace mover a los electrones de un punto a otro del conductor. Cuando en un circuito eléctrico circula una intensidad de un (1) Amperio, y se le interpone una resistencia de un (1) Ohm, la diferencia de potencial aplicada es de un (1) voltio.

Intensidad

El caudal o intensidad de corriente está dado por el número de electrones que pasa por un material en un período de tiempo dado. Siendo el culombio, la medida que indica la cantidad de electrones. Contando la cantidad de culombios que pasan en un período de tiempo dado se mide el caudal o intensidad de corriente. Ya que los Amperios significan culombios por segundo, el Amperio indica el caudal con que los electrones pasan por un material. El culombio representa 6,28 x 10^{18} (6.280.000.000.000.000.000 trillones de electrones) electrones, o sea es una medida de cantidad.

Un (1) culombio por segundo = Un (1) Amperio

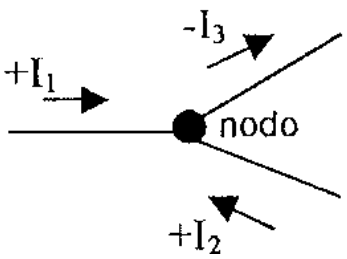
Unidad de intensidad

La unidad de intensidad de corriente es el Amperio. La intensidad de corriente eléctrica es de un (1) Amperio cuando un culombio de electrones pasa por el material en un segundo. De tal modo de dos (2) Amperios cuando pasan dos (2) culombios por segundo, etc.

Ley de Kirchhoff

a) <u>Para las intensidades:</u> La sumatoria de las corrientes que entran (+) y salen (-) de un nodo es igual a 0.

$$\sum I = 0$$



$$I_1 + I_2 = I_3$$

b) <u>Para las tensiones</u>: En todo circuito eléctrico la sumatoria de las caídas de tensión es igual a la tensión aplicada.

$$\sum E = \sum I \times R$$

Resistencia

No todos los materiales se oponen por igual al paso de la corriente eléctrica. El flujo de corriente es por sí solo el movimiento de electrones "libres" a través de un material; la cantidad de electrones libres de un material determina su oposición al paso de corriente.

Los átomos de algunos materiales ceden fácilmente sus electrones externos y esos materiales ofrecen poca oposición al paso de la corriente; otros materiales, en cambio, retienen sus electrones externos y ofrecen considerable oposición al paso de la corriente. Todo material ofrece cierta oposición al flujo de corriente, oposición que puede ser grande o pequeña y a esta oposición se la denomina resistencia.

La resistencia depende de los electrones libres, los materiales de poca resistencia ceden muchos electrones libres, contrariamente los materiales de mucha resistencia ceden pocos electrones libres.

Por lo tanto, si tenemos una fuente de tensión podremos incrementar la intensidad de la corriente haciendo disminuir la resistencia y podrá disminuir la intensidad de la corriente aumentando la resistencia. Aumentando o disminuyendo la resistencia (oposición al paso de los electrones en un circuito eléctrico) puede ajustarse la cantidad de corriente que pasa de acuerdo con las necesidades de funcionamiento de un elemento eléctrico dado.

Unidad de resistencia:

Para medir corriente se utiliza como unidad el Amperio; para medir tensión se utiliza el voltio. Estas unidades son necesarias para comparar distintas intensidades de corriente y distintas tensiones. De idéntico modo también resulta necesario contar con una unidad de medida para comparar la resistencia de los distintos conductores. La unida básica de resistencia es el Ohm, que equivale a la resistencia que permitirá exactamente el paso de una corriente de un Amperio, cuando se aplica una tensión de un voltio.

Fuentes de electricidad

Para producir electricidad se debe utilizar alguna forma de energía que ponga en movimiento a los electrones. Las seis (6) fuentes básicas de energía que se pueden utilizar son:

1. Frotamiento.
2. Presión.
3. Calor.
4. Luz.
5. Magnetismo.
6. Acción química

1. Frotamiento: ver título Electricidad estática.

2. Presión: Los cristales de ciertos materiales producen cargas eléctricas si se les aplica presión. El cuarzo, la turmalina y las sales de Rochelle, son materiales que ejemplifican el principio de la generación de cargas eléctricas a través de la presión. Si se coloca un cristal de estos materiales entre dos placas de metal y se ejerce presión entre las referidas placas, se producirá una carga eléctrica. La magnitud de la carga

producida entre las placas dependerá de la intensidad de la presión ejercida.

3. Calor: **Otro medio para la obtención de electricidad consiste en convertir el calor directamente en electricidad, calentando una unión de dos metales distintos. Por ejemplo, si se trenza un alambre de hierro con otro de cobre, formando una unión a la cual se le aplica calor, se producirá una carga eléctrica. Este tipo de unión se denomina termocupla y produce electricidad siempre que se le aplique calor. Si bien se pueden hacer termocuplas con alambres trenzados, las más eficaces se hacen con dos piezas de metales distintos remachadas o soldadas.**

4. Luz: Se puede producir electricidad utilizando como fuente la energía lumínica, o dicho de otra manera utilizando el efecto fotovoltaico. Cuando la luz incide sobre ciertos materiales, éstos pueden conducir cargas eléctricas con mayor facilidad, desarrollar cargas eléctricas, emitir electrones libres o convertir luz en calor.
Un ejemplo de ello es la célula fotoeléctrica, que es un emparedado o disco metálico compuesto por tres capas de material. Una de las capas externas es de hierro, la otra externa es una película de material transparente o semitransparente, que permite el paso de la luz. La capa central consiste en una aleación de selenio.
Mientras que las dos capas externas ofician de electrodos, un haz de luz enfoca sobre la aleación de selenio a través del material transparente, produciéndose una carga eléctrica entre las dos capas externas. Una aplicación de este tipo de célula es el fotómetro común que se utiliza en fotografía para determinar la cantidad de luz presente en determinado ámbito.

5. Magnetismo: El método más común para producir la electricidad que se utiliza como corriente eléctrica, es el que emplea el magnetismo. La fuente de electricidad tiene que ser capaz de mantener una carga grande, debido a que esa carga se emplea para suministrar corriente eléctrica. Si bien el frotamiento, la presión, el calor y la luz son fuentes de electricidad, su empleo se limita a aplicaciones especiales porque no son capaces de mantener una carga suficientemente grande como para suministrar corriente eléctrica.

Toda corriente eléctrica que se utiliza, excepto la utilizada en equipos de emergencia y portátiles, proviene originariamente de un generador instalado en una planta eléctrica. El generador puede ser accionado por fuerza hidráulica, una turbina de vapor, un rotor eólico, o un motor de combustión interna, no importa la manera que se haga funcionar al generador la corriente eléctrica que produce es el resultado de la acción entre los alambres conductores y las piezas magnéticas que están dentro del generador.

Cuando los alambres se desplazan junto a un imán o el imán se desplaza junto a los alambres, se produce electricidad en éstos debido al magnetismo, o sea al cortar los conductores líneas de fuerza magnéticas, se genera en ellos una diferencia de potencial, que es aprovechada finalmente, a través de una red de distribución, por los usuarios del servicio eléctrico.

Movimiento de un imán junto a un conductor

Uno de los métodos por los cuales el magnetismo produce electricidad es mediante el movimiento de un imán junto a un conductor estacionario. Si se conecta un instrumento de medición de intensidad (amperímetro o miliamperímetro) muy sensible, en los extremos de un conductor fijo y se hace pasar entonces un imán cerca del conductor, la aguja del instrumento se desviará.

Esta desviación indica que se ha producido electricidad en el conductor. Repitiendo el movimiento y observando atentamente el instrumento, se verá que la aguja sólo se desplaza cuando el imán pasa cerca del conductor.

Colocando el imán cerca del conductor y dejándolo en reposo, no se observará ninguna desviación en el instrumento, sin embargo, si se cambia de posición el imán la aguja indicadora se desvía, mostrando así que el imán y el conductor no son capaces de producir electricidad por sí solos. Para que la aguja se desvíe es necesario que el imán se mueva junto al conductor.

El movimiento es necesario porque el campo magnético que rodea al imán sólo produce corriente eléctrica en el conductor influido, cuando el campo se desplaza transversalmente al conductor. Cuando el imán y su campo están estacionarios, el campo no se desplaza a través del conductor y no se producirá movimiento de electrones.

Movimiento de un conductor junto a un imán

Si se mueve un conductor junto a un imán en reposo, también se observará una desviación en la aguja del instrumento. Esta desviación sólo se producirá mientras el conductor se esté moviendo a través del campo magnético.

Para emplear el magnetismo con el fin de producir electricidad se puede mover un campo magnético a través de un conductor o mover éste a través de un campo magnético. Sin embargo para obtener una fuente continua de electricidad tendrá que mantener un movimiento permanente entre el conductor y el campo magnético.

Ley de Faraday

Con relación a esta forma de obtener energía eléctrica a partir de un movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético, la Ley de Faraday establece que "La fuerza electromotriz o tensión inducida en un circuito es directamente proporcional a la variación del flujo magnético e inversamente proporcional al tiempo".

$$e = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{(Mx)}{(seg)}$$

6. Acción Química

Para comprender cómo funciona la acción química de las pilas se podría imaginar que se ven los electrones y qué les sucede en una pila eléctrica primaria. La fuente básica de electricidad producida por acción química es la pila eléctrica. Cuando

se conectan dos pilas o más se tiene una batería.

Básicamente una pila se compone de un envase o recipiente con dos placas de metales distintos, separadas entre sí y sumergidas en un líquido que llena el recipiente.

Observando las partes de una pila y los electrones dentro de ella se vería que el líquido, que se denomina electrolito, lleva electrones a una placa y los saca de la otra. Esta acción da como resultado la acumulación de un exceso de electrones o carga negativa en una de las placas, de manera que al conductor adherido a esa placa se lo denomina terminal negativo (-) . La restante placa pierde electrones y adquiere carga positiva, de modo que el conductor solidario a ella adquiere la denominación de terminal positivo (+).

La acción del electrolito al llevar electrones de una placa a otra es en realidad una reacción química entre el electrolito y las dos placas metálicas. Esta acción convierte la energía química en cargas eléctricas en las placas y terminales de la pila.

Mientras el electrolito transporte electrones, se verá que la placa negativa se va corroyendo. Eventualmente la placa negativa se disolverá por completo en el electrolito debido a la acción química y la pila quedará agotada, vale decir sin capacidad de suministrar carga hasta que se reemplace la placa negativa. Por este motivo a esta pila se la denomina primaria, justamente porque cuando se descargan por completo no se las puede volver a cargar sino se utilizan materiales nuevos.

Las pilas secas utilizan el mismo principio pero están constituidas por un recipiente de zinc que hace las veces de placa negativa, una varilla de carbón suspendida en el centro del recipiente como placa positiva y una solución de cloruro de amonio en pasta como electrolito. Cuando la pila seca suministra electricidad, el recipiente y el electrolito se van gastando gradualmente. Una vez-desaparecidos el cinc útil y el electrolito, la pila se agota y debe ser reemplazada.

Hay otro tipo de pilas denominadas secundarias que son las utilizadas en las baterías. En estas pilas el electrolito es ácido sulfúrico, mientras que la placa positiva es peróxido de plomo y la negativa de plomo. Durante la descarga de la pila, el ácido se va diluyendo y ambas placas se modifican químicamente, transformándose en sulfato de plomo.

Movimiento de electrones

Los electrones de las órbitas externas del átomo son atraídos hacia el núcleo con una fuerza menor que los electrones cuyas órbitas están más próximas a él. Estos electrones externos pueden ser expulsados de sus órbitas con facilidad mientras que los electrones de las órbitas internas se denominan electrones fijos, porque no se los puede expulsar de sus órbitas.

Los átomos y moléculas de un material están en movimiento disperso perpetuo, dependiendo la intensidad de este movimiento de la naturaleza del material. Este movimiento disperso hace que los electrones de los anillos exteriores abandonen sus órbitas, convirtiéndose en electrones libres. Los electrones libres que son expulsados de las órbitas externas son atraídos hacia otros átomos que han perdido electrones, dando como resultado un continuo paso de electrones de átomo a átomo, dentro del material.

Todos los efectos eléctricos se producen con los electrones libres que son expulsados de las órbitas externas. El átomo mismo no sufre ningún cambio por la pérdida de los electrones, excepto que adquiere carga positiva y captará los electrones libres que van a reemplazar a los que ha perdido.

El movimiento disperso de los electrones libres de un átomo a otro es normalmente igual en todas direcciones, de manera que ninguna parte del material en

particular gana ni pierde electrones. Cuando la mayor parte del movimiento de los electrones se produce en la misma dirección, de manera que parte del material pierde electrones mientras que otra parte los gana, el movimiento neto o flujo se denomina flujo de corriente eléctrica.

Sentido del flujo de electrones v de corriente eléctrica

Según la teoría electrónica, el flujo de corriente siempre se produce desde una carga negativa (-) hacia una carga positiva (+). Así, si un conductor está conectado entre los terminales de una batería, la corriente pasará desde el terminal negativo (-) al positivo (+).

De acuerdo a los estudios realizados de electricidad se llega a la conclusión de que el flujo de corriente tiene el mismo sentido que el flujo de electrones, o sea de negativo (-) a positivo (+).

Electromagnetismo

Así como se pueden producir un flujo de corriente eléctrica cuando se mueve una bobina de alambre de manera tal que atraviese un campo magnético, también utilizando la electricidad se puede producir un campo magnético.

Cuando se estudia el hecho de la producción de electricidad por intermedio de una espira que gira dentro de un campo magnético, se hace referencia al uso de imanes permanentes. Se puede generar más electricidad si se aumenta el número de espiras, la velocidad del movimiento y la potencia del campo magnético.

Las primeras dos cosas son fáciles de hacer pero la última es sumamente difícil. Para poder producir grandes cantidades de electricidad se debe utilizar un campo magnético mucho más poderoso. Esto se logra mediante un electroimán.

Los electroimanes funcionan basándose en el sencillo principio basado en que se puede crear un campo magnético haciendo pasar una corriente eléctrica por una bobina de alambre.

Circuito eléctrico

Cuando se conectan dos cargas mediante un conductor eléctrico se crea un camino para el flujo de corriente. Si las cargas son distintas, la corriente fluye desde la carga negativa hacia la carga positiva. La intensidad del flujo de corriente depende de la diferencia de potencial (tensión) de las cargas y de la resistencia del conductor.

Si se conectan dos barras cargadas con un conductor de cobre, por ejemplo, la corriente pasará de la barra más negativa a la más positiva, pero sólo durante el tiempo necesario para que las cargas de las dos barras se igualen. Sin bien la corriente circula brevemente, este tipo de conexión no constituye un circuito eléctrico.

El circuito eléctrico es una trayectoria eléctrica completa que no sólo abarca al conductor por el cual la corriente fluye desde la carga negativa hasta la positiva, sino también una trayectoria o camino por dentro de la fuente de tensión, desde la carga positiva de nuevo a la carga negativa.

Una lámpara conectada con una pila seca, por ejemplo, forma un circuito simple. La corriente va desde el terminal negativo (-) de la pila hasta el terminal positivo (+), pasando por el filamento de la lámpara y continuando su recorrido por dentro de la pila desde el terminal positivo hasta el terminal negativo. Mientras este camino no esté interrumpido, se trata de un circuito cerrado y la corriente fluye; si se interrumpe el

camino en cualquier punto, se trata de un circuito abierto y no hay paso de corriente.

Ley de Ohm

La tensión y la resistencia afectan a la intensidad de corriente eléctrica en un circuito. Las relaciones básicas entre estas tres magnitudes eléctricas (tensión, resistencia e intensidad) son las siguientes:

- La intensidad de corriente de un circuito aumenta cuando aumenta la tensión sin variar la resistencia.
- La intensidad de corriente de un circuito disminuye cuando aumenta la resistencia sin varia la tensión.

Estas dos relaciones constituyen la Ley de Ohm, que es la ley más básica de los circuitos eléctricos y que suele enunciarse de la siguiente manera:

En todo circuito eléctrico la intensidad de corriente es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia.

Si en un circuito pasa cierta cantidad de corriente, este paso se debe a que cierta fuerza electromotriz o tensión la obliga a hacerlo y que la intensidad de la corriente está limitada por la resistencia del circuito. En efecto, la cantidad de corriente depende de la magnitud de la tensión y la resistencia.

Este hecho fue descubierto en 1827 por un científico llamado George S. Ohm y se expresa con la ahora famosa Ley de Ohm, que es una ecuación fundamental en materia de estudios eléctricos.

Dando forma matemática a esta relación se tiene:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Tensión aplicada}}{\text{Resistencia}}$$

$$I = \frac{E}{R} \qquad \text{Amperio} = \frac{\text{Voltio}}{\text{Ohm}}$$

La ley de Ohm puede también expresarse de otras maneras, si se conoce la intensidad y la resistencia:

Tensión aplicada = Intensidad x Resistencia

Voltio = Amperio x Ohm

SI conocemos la tensión aplicada y la intensidad de corriente, se puede calcular la resistencia:

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Tensión aplicada}}{\text{Intensidad}}$$

$$\text{Ohm} = \frac{\text{Voltio}}{\text{Amperio}}$$

Potencia eléctrica en corriente continua

Potencia -sea eléctrica o mecánica- significa la rapidez con que se hace un trabajo. Siempre se realiza trabajo cuando una fuerza provoca movimiento.

Se sabe que la tensión produce la fuerza necesaria para iniciar el flujo de corriente, o sea el movimiento de electrones. Una tensión entre dos puntos que no causa flujo de corriente no produce trabajo. Siempre que la tensión provoca movimiento de electrones se realiza trabajo, representado por el movimiento de éstos de un punto a otro del circuito. La mayor o menor rapidez con que este trabajo se realiza se denomina potencia eléctrica.

Vale decir que cuanto menor es el tiempo en que los electrones realizan su movimiento, mayor será la potencia, es decir que la potencia eléctrica resulta proporcional a la velocidad con que se realiza el trabajo de movimiento de los electrones.

Por tanto la potencia eléctrica es el producto entre la tensión y la intensidad de corriente.

Potencia = Tensión x Intensidad

Unidades de potencia eléctrica

La unidad básica de potencia eléctrica es el vatio, que equivale a la tensión multiplicada por la intensidad de corriente, o sea la cantidad de culombios de electrones que pasan por un punto del circuito en un segundo. Esto representa la velocidad con que se está realizando el trabajo de mover electrones en un material.

P = E x I

Vatio = Voltio x Amper

Variantes de la fórmula de Potencia eléctrica

P = E x I pero E = I x R reemplazando.

P = I x R x I pero I x I = I^2

P = I^2 x R P = E x I

Ley de Joule

Si una determinada potencia eléctrica se desarrolla en una resistencia y se transforma íntegramente en calor, tal como ocurre en una estufa eléctrica, se puede afirmar que la cantidad de calor desarrollado es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de corriente y al tiempo. Esta determinación se anuncia en la Ley de Joule, la cual queda expresada en términos matemáticos de la siguiente manera:

Q = 0,24 x R x 1^2 x t (Calorías = Equivalente mecánico del calor x □□ x A ^{2} x segundos)

Corriente Alterna

La corriente alterna (CA) se caracteriza por que el flujo de electrones que circula

a través de un conductor cambia (alterna) de sentido de circulación a intervalos regulares.

Se sabe que la corriente continua (CC) sólo circula en un sentido y que la intensidad se mide contando la cantidad de electrones (culombio) que pasan por un punto del circuito en un segundo.

Supongamos entonces que en un segundo pasa por un punto del conductor un culombio de electrones y que todos ellos circulan en el mismo sentido, de tal modo el flujo de corriente es de un (1) ampere (A) de corriente continua (CC). Si medio culombio de electrones pasa en un sentido en medio segundo y luego se invierte el sentido pasando otro medio culombio en sentido contrario en el medio segundo restante, habrá pasado un total de un (1) culombio de electrones por ese punto en un segundo, entonces el flujo de corriente es de un ampere de corriente alterna (CA).

Comparación de flujo de Corriente Continua (CC) y Corriente Alterna (CA) en un conductor.							
CC	►	►	►	►	►	►	Primer medio segundo
CA	►	►	►	►	►	►	
CC	►	►	►	►	►	►	Segundo Medio Segundo
CA	◄	◄	◄	◄	◄	◄	

Referencia: Cada flecha es igual a ½ culombio

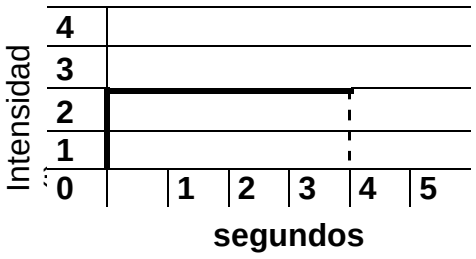
Ondas:

Las ondas son gráficas que demuestran las variaciones de tensión e intensidad de corriente en un tiempo dado. Las ondas de la corriente continua son líneas rectas, puesto que en este caso la tensión y la intensidad no varían en un circuito determinado.

Ondas de Corriente Continua:

Si se conecta una resistencia con una batería y se mide su tensión e intensidad de corriente a intervalos regulares se observará que los valores no varían. Haciendo un gráfico de los valores de tensión (E) y de intensidad (I) a intervalos iguales, se obtendrá líneas rectas que son las ondas de tensión e intensidad en corriente continua. Las ondas son diagramas de las variaciones de tensión o intensidad.

Ondas de Corriente Continua

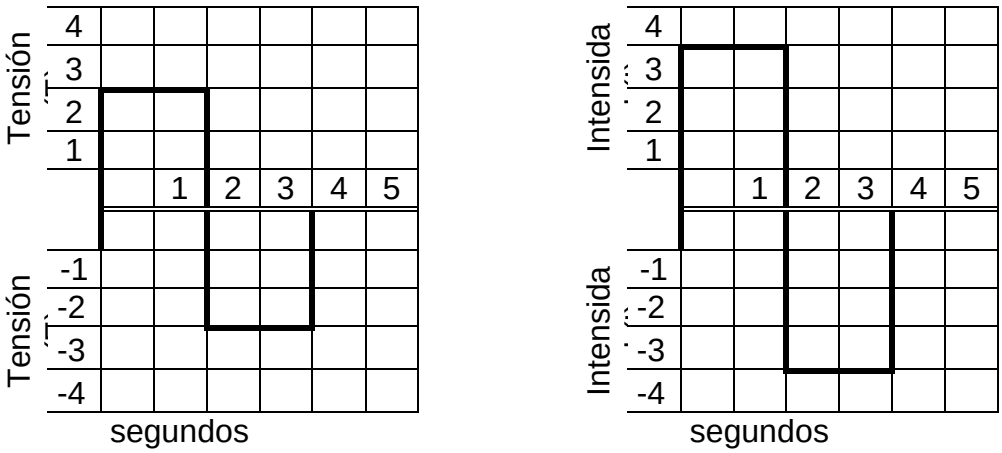


Supongamos que tenemos un voltímetro y un amperímetro cuyos ceros (O) están en el centro de la escala, y que permiten hacer lecturas a izquierda y derecha del cero cuando se invierte la polaridad de la tensión y la intensidad que se mide. Si se efectúa

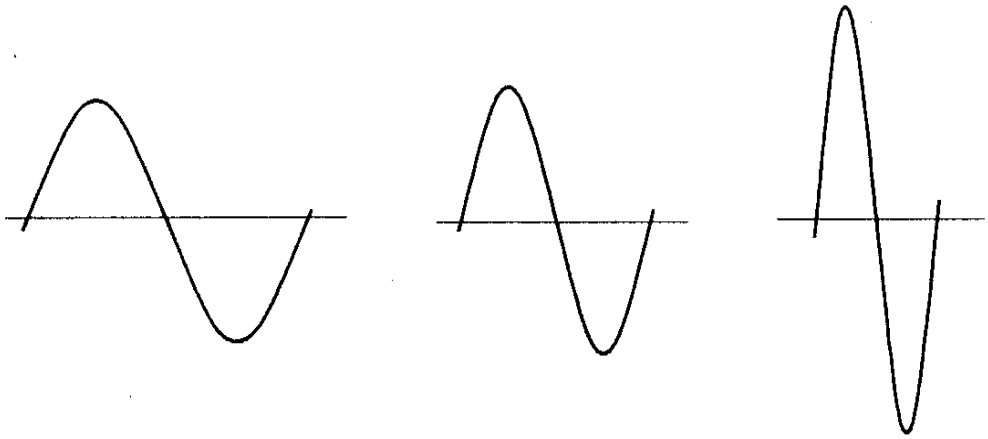
una medición y luego para la segunda se invierten los terminales de la batería, se observará que las ondas consisten en dos líneas rectas, en primer término una por encima y luego de la inversión una por debajo del cero (O). Uniendo los extremos de esas líneas para obtener un gráfico continuo se determinan las ondas de tensión e intensidad. Estas ondas demuestran que la tensión y la intensidad son alternas y no continuas, puesto que indican los cambios de sentido del flujo de corriente y la inversión de polaridad en la tensión.

9

Ondas de Corriente Alterna



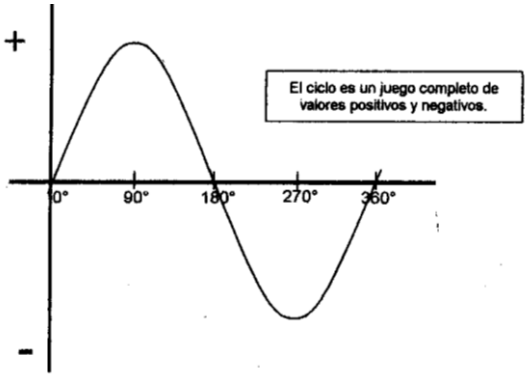
Las ondas en la mayoría de las corrientes alternas son curvas y representan graduales cambios de tensión e intensidad, aumentando y luego disminuyendo sus valores en cada uno de los sentidos del flujo de corriente. La mayor parte de la corriente alterna utilizada en la actualidad con fines prácticos tiene una onda representada por una curva sinusoide, de la cual podemos decir que si bien las intensidades y tensiones alternas no siempre presentan ondas sinusoidales exactas, normalmente se presume que siguen la trayectoria sinusoide a menos que se especifique lo contrario.



Ciclos de Corriente Alterna:

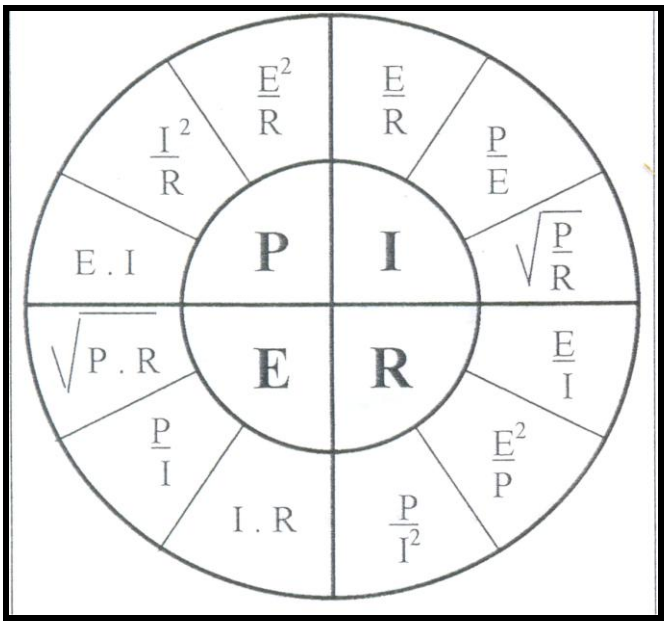
Cuando la onda de una tensión o intensidad de corriente alterna (CA) describe un juego completo de valores positivos y negativos, en realidad completa un ciclo. La intensidad de corriente alterna sube primero a un máximo y cae a cero en un sentido, luego llega a un máximo y vuelve a cero pero en sentido inverso. Con esto se completa un ciclo de intensidad de corriente alterna, ciclo que se repite sucesivamente mientras

circula corriente. Del mismo modo la tensión de corriente alterna primero sube a un máximo y cae a cero en una polaridad pero después va a un máximo inverso y vuelve a cero, completando el ciclo. Cada juego completo de valores positivos y negativos de intensidad o tensión es un ciclo.



Fórmulas fundamentales

Referencias		
Símbolo	**Magnitud**	**Unidad**
E	Tensión	Voltios
R	Resistencia	Ohmios
I	Intensidad	Amperios
P	Potencia	Vatios



Magnitud	Símbolo	Unidad	Símbolo
Tensión o Fuerza Electromotriz o Diferencia de Potencial	**E**	Voltio	**V**
Resistencia	**R**	Ohm	□
Intensidad	**I**	Amper	**A**
Potencia	**P**	Vatio	**W**

Magnitud	Unidad	**Múltiplos**			**Submúltiplos**		
		Equivalencia	Símbolo	Denominación	Equivalencia	Símbolo	Denominación
Tensión	Voltio	1.000 **V**	1 Kv	Kilo Voltio	0,1 **V**	1 dv	Deci voltio
		1.000.000 **V**	1 Mv	Mega Voltio	0,001 **V**	1 mv	Mili voltio
		1.000.000.000 **V**	1 Gv	Giga Voltio	0,000 001 **V**	1 □v	Micro voltio
Resistencia	Ohm	1.000 □	1 K□	Kilo Ohm	0,1 □	1 d□	Deci ohm
		1.000.000 □	1 M□	Mega Ohm	0,001 □	1 m□	Mili ohm
		1.000.000.000 □	1 G□	Giga Ohm	0,000 001 □	1 □□	Micra ohm
Intensidad	Amper	1.000 **A**	1 KA	Kilo Amper	0,1 **A**	1 dA	Deci amper
		1.000.000 **A**	1 MA	Mega Amper	0,001 **A**	1 mA	Mili amper
		1.000.000.000 **A**	1 GA	Giga Amper	0,000 001 **A**	1 □A	Micro amper
Potencia	Vatio	1.000 **W**	1 Kw	Kilo Vatio	0,1 **W**	1 dw	Deci vatio
		1.000.000 **W**	1 Mw	Mega Vatio	0,001 **W**	1 mw	Mili vatio
		1.000.000.000 **W**	1 Gw	Giga Vatio	0,000 001 **W**	1 □w	Micra vatio

FORMULAS DE POTENCIA ELECTRICA				
TIPO DE CORRIENTE				
CONTINUA	ALTERNADA			
	MONOFASICA		TRIFASICA	
	Carga Resistiva	Carga Inductiva	Carga Resistiva	Carga Inductiva
P = E x I	P = E x I	P = E x I x cos φ	P = E x I x v 3	P = E x I x v 3 x cos φ
E = P / I	E = P / I	E = P / I x cos φ	E = P / I x v 3	E = P / I x v 3 x cos φ
I = P / E	I = P / E	I = P / E x cos φ	I = P / E x v 3	I = P / E x v 3 x cos φ
$P = I^2 \times R$	$P = I^2 \times R$	$P = I^2 \times R \times \cos \varphi$	$P = I^2 \times R \times v\ 3$	$P = I^2 \times R \times v\ 3 \times \cos \varphi$

$P = E^2 / R$	$P = E^2 / R$	$P = E^2 / R \times \cos \varphi$	$P = E^2 / R \times v\ 3$	$P = E^2 / R \times v\ 3 \times \cos \varphi$

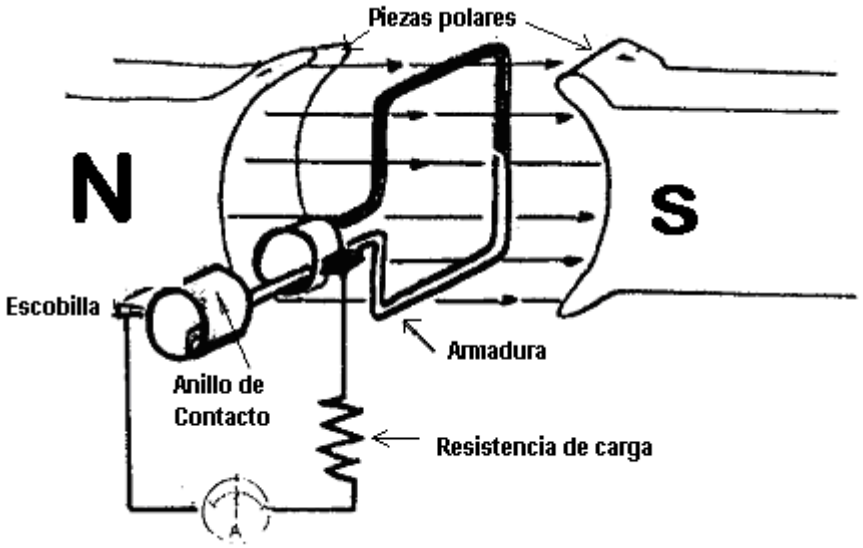
GENERADORES ELEMENTALES:

Un generador elemental consiste en una espira de alambre colocada de manera que se la pueda hacer girar dentro de un campo magnético estacionario, para que éste produzca una corriente inducida en la espira.

Para conectar la espira con un circuito externo y aprovechar la corriente generada se utilizan contactos deslizantes (escobillas).

Las piezas polares son los polos Norte y Sur del imán que suministra el campo magnético. La espira de alambre que gira dentro del campo se denomina armadura. Los extremos de la armadura se conectan con unos anillos denominados anillos colectores que giran junto con la armadura. Unas escobillas apoyan en los anillos para captar la electricidad producida por la armadura y transportarla al circuito de consumo externo.

LA DINAMO ELEMENTAL



En la descripción que damos del generador aparece la espira girando en el campo magnético. Cuando los lados de la espira cortan el campo magnético, producen una fuerza electromotriz inducida que ocasiona un flujo de corriente por la espira, anillos colectores, escobillas, instrumento de medición de cero central y resistencia de carga, todos conectados en serie. La fuerza electromotriz en la espira y por ende el flujo resultante dependen de la posición de la espira en relación con el campo magnético.

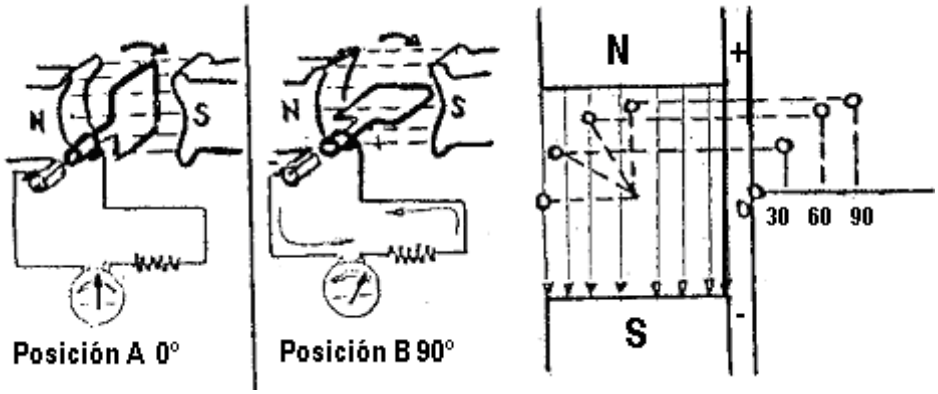
El generador elemental funciona de la siguiente manera. Supongamos que la espira está girando en el sentido de las agujas del reloj (de izquierda a derecha) y que su posición inicial es "A" (cero grado). En "A" la espira está en posición perpendicular con respecto al campo magnético y los conductores blancos y negro de la espira se desplazan paralelamente al campo magnético. Todo conductor que se mueve paralelamente a un campo magnético, no corta ninguna de sus líneas de fuerza y, por tanto, no puede originarse fuerza electromotriz en él. Esto se aplica a los conductores de la espira en el instante en que se encuentra en posición "A" donde no se induce fuerza electromotriz y, por tanto, no hay flujo de corriente en el circuito. El instrumento medidor de corriente indica cero (O).

A medida que la espira va girando para colocarse en posición "B", los conductores cortan cada vez más líneas de fuerza hasta que, cuando están en 90° (posición "B"), cortan una cantidad máxima de líneas de fuerza. En otras palabras entre

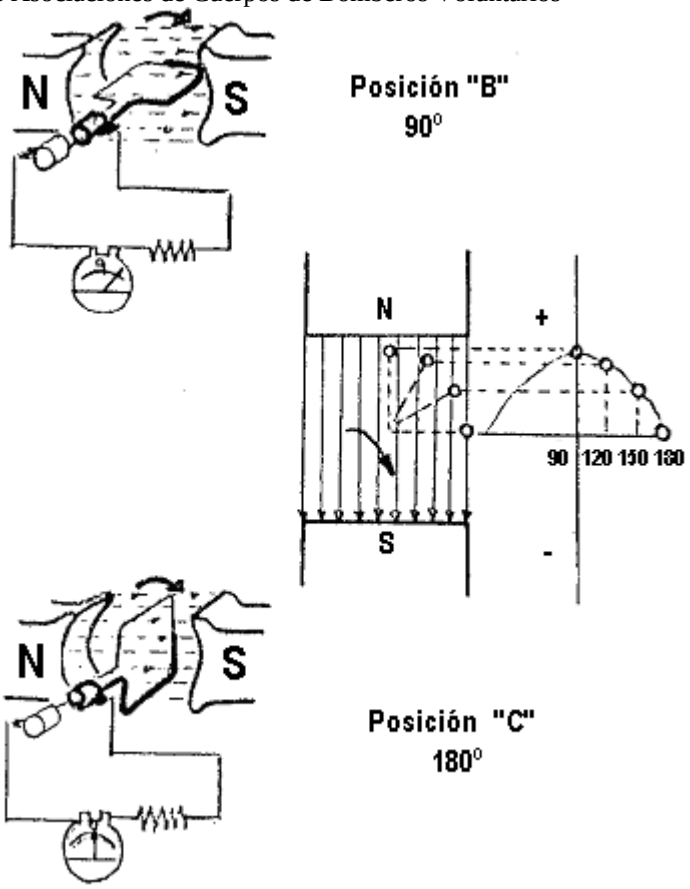
0° y 90° la fuerza electromotriz inducida en los conductores va aumentando desde 0 hasta su valor máximo. Observemos que de 0° a 90° el conductor negro corta el campo hacia abajo mientras que, al mismo tiempo, el conductor blanco corta el campo hacia arriba. Las fuerzas electromotrices inducidas en ambas porciones de conductores por tanto se suman en serie y la tensión (voltios) resultante en las escobillas (tensión en los terminales) representa la suma de las dos fuerzas electromotrices inducidas, o sea el doble de la que generaría un solo conductor, por cuanto las tensiones inducidas son iguales entre sí.

La intensidad del circuito variará exactamente de la misma manera que la fuerza electromotriz inducida, siendo cero a 0° y máxima a 90°. La aguja del instrumento va desplazándose cada vez más a la derecha entre las posiciones "A" y "B", indicando que la corriente de la carga está circulando en ese sentido. El sentido del flujo y la polaridad de la fuerza electromotriz inducida dependen de la orientación del campo magnético y del sentido de la rotación de la armadura. La onda demuestra cómo la tensión producida por el generador elemental va variando desde la posición "A" hasta la posición "B". En el diseño de la derecha el generador simple aparece en posición cambiada para ilustrar la relación existente entre al posición de la espira y la onda generada.

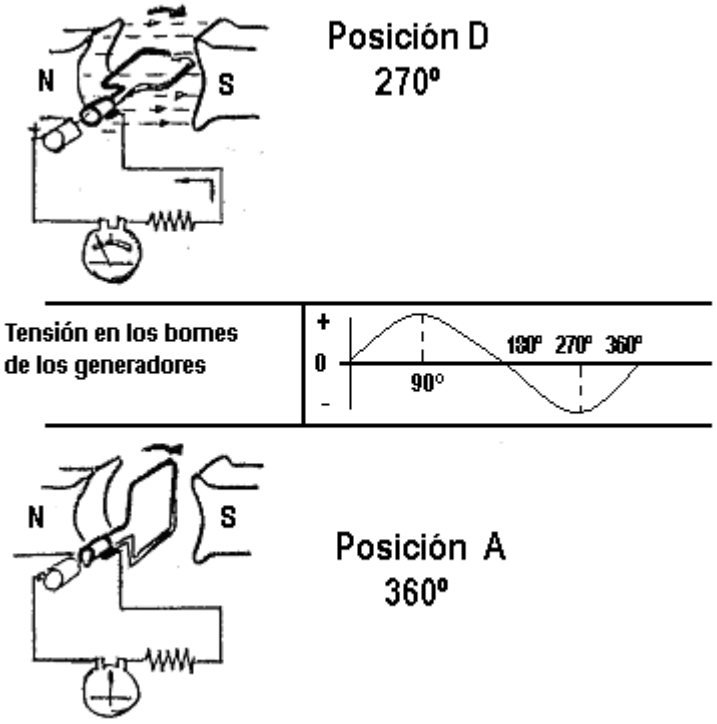
COMO FUNCIONA EL GENERADOR ELEMENTAL



A medida que la espira sigue girando desde la posición "B" (90°) hasta la posición "C" (180°), los conductores que cortan una cantidad máxima de líneas de fuerza en la posición "B" van encontrando menos líneas de fuerza magnética, hasta que en la posición "C" se desplazan paralelamente al campo magnético y ya no cortan ninguna de sus líneas de fuerza. Por tanto, la fuerza electromotriz inducida descenderá desde los 90° hasta los 180°, de la misma manera que aumentaba desde 0° a 90°. De idéntico modo, el flujo de corriente seguirá las variaciones de tensión. En la figura siguiente aparece la acción del generador en las posiciones "B" y “C”.

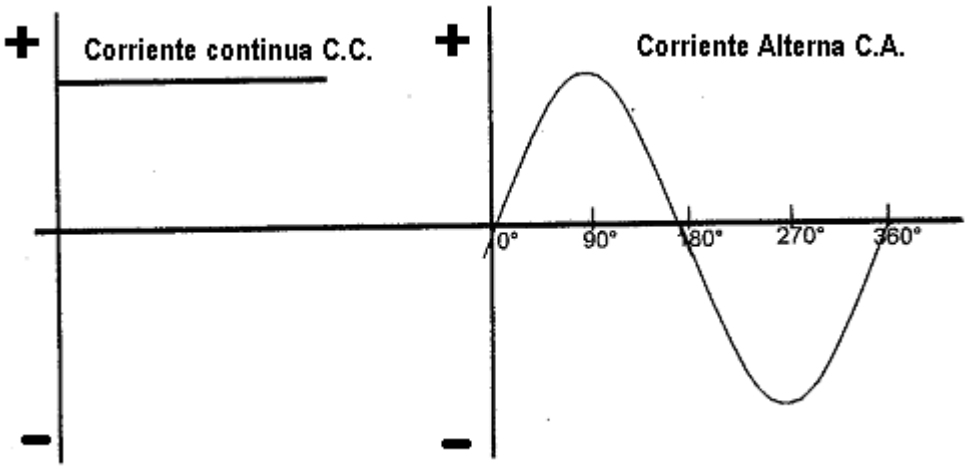


De 0° a 180° los conductores de la espira han venido desplazándose en el mismo sentido de rotación dentro del campo magnético y, por tanto, la polaridad de la fuerza electromotriz inducida no ha variado. Cuando la espira empieza a girar más allá de 180° para volver a la posición "A", el sentido del corte de los conductores en el campo magnético se invierte. Ahora el conductor negro asciende dentro del campo', mientras que el blanco desciende. A raíz de esto la polaridad de la fuerza electromotriz inducida y el flujo de "B" hasta "C". La tensión en los terminales del generador será la misma que desde "A" a "C", excepto que su polaridad estará invertida. La tensión de salida para una revolución completa de la espira es la que aparece en el gráfico.



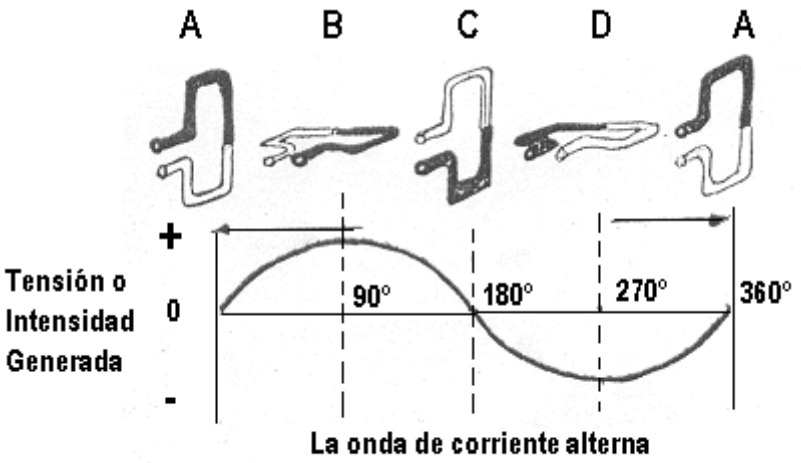
Supongamos que examinamos con mayor detenimiento la onda de salida del generador elemental y observamos un instante. ¿Cómo compararla con los valores de tensión con los cuales hemos venido trabajando hasta ahora. Las únicas tensiones que hemos considerado son de corriente continua, como los obtenidos de una pila o batería. La tensión de corriente continua puede representarse como una línea recta cuya distancia sobre la línea de referencia "0" depende de su valor. En el diagrama de abajo aparece la tensión de corriente continua junto a la onda de tensión que produce el generador elemental de corriente alterna. Como se ve, la onda del generador no es de valor ni sentido constantes, como sucede con la curva de corriente continua, sino que varía continuamente tanto en negativo como en positivo.

TENSION GENERADA



La tensión del generador, por tanto, no es continua, puesto que entendemos como tensión de corriente continua aquella que mantiene en todo momento la misma polaridad. La tensión del generador se denomina "tensión alterna", puesto que alterna periódicamente entre más y menos. Comúnmente se la denomina tensión C. A., siendo el mismo tipo de tensión que se obtiene del tomacorriente común ubicado en una casa de familia. El flujo de corriente, puesto que varía a medida que varía la tensión también tiene que ser alterno. En cuanto a la intensidad, también se la denomina intensidad alterna. La intensidad alterna siempre está asociada con la tensión alterna, puesto que la tensión alterna siempre provocará un flujo alterno de intensidad de corriente.

LA ONDA DE CORRIENTE ALTERNA

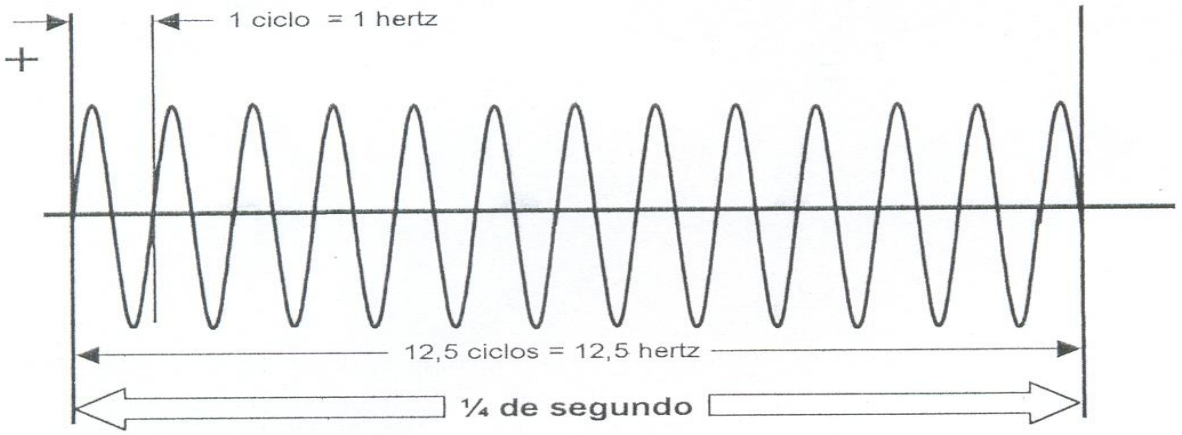


Frecuencia de la Corriente Alterna

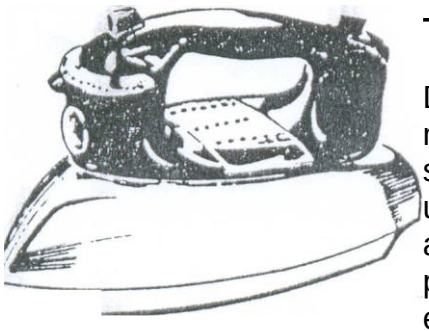
Cuando la armadura de un generador de corriente alterna gira, cuanto más veloz sea su movimiento de rotación entre los polos magnéticos, con mayor frecuencia la corriente invertirá su sentido de circulación cada segundo, ya que cada Inversión de corriente cierra medio ciclo de flujo. La cantidad de ciclos por segundo se denomina "frecuencia".

Es importante comprender el concepto de frecuencia por cuanto la mayoría de los equipos para corriente alterna, requieren una frecuencia específica, además de una tensión e intensidad para funcionar debidamente. La frecuencia comercial que se emplea en Argentina es de 50 ciclos por segundo (50 hertz). Las frecuencias inferiores producen fluctuaciones cuando se las utiliza para Iluminación, porque cada vez que la corriente cambia de sentido de circulación, decrece a cero, apagándose momentáneamente la lámpara. Con 50 ciclos por segundo la lámpara se enciende y apaga 100 veces por segundo, aunque esta variación no puede percibirse porque el ojo humano no puede reaccionar con rapidez suficiente como para advertirla.

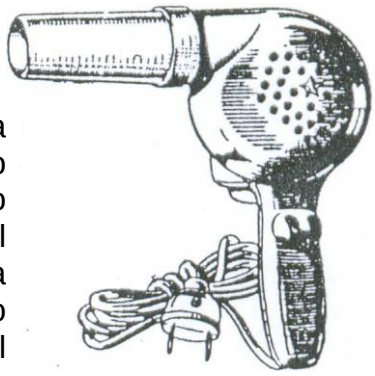
FRECUENCIA ES EL NÚMERO DE CICLOS POR SEGUNDO



Si se completan 12,5 ciclos en ¼ de segundo, la frecuencia es de 50 ciclos por segundo porque 12,5 ciclos por segundo x 4 = 50 ciclos por segundo



EFECTOS TERMICOS



De la misma manera como no se ha encontrado un material aislante que sea perfecto, tampoco existe un material conductor que pueda ser considerado perfecto. Esto se debe a que los electrones siempre encuentran en el conductor una cierta dificultad para desplazarse. Como en todo momento deben viajar a través de la estructura metálica del material del conductor, es inevitable que ocurra una cierta cantidad de colisiones entre los electrones en movimiento y otros electrones que se encuentran "fijos" en sus órbitas. Cada vez que un electrón sufre un choque, libera una cierta cantidad de energía en forma de calor. Por tal motivo, la circulación de una corriente eléctrica por un conductor siempre dará origen a una cierta cantidad de calor (energía térmica).

Por otra parte, si el material utilizado como conductor no tiene buenas propiedades como tal, es decir, es un mal conductor, entonces la cantidad de calor desarrollada será mucho mayor.

Esta propiedad de la corriente eléctrica se utiliza para producir calor por medio de aparatos tales como tostadores, planchas, secadores eléctricos, calentadores o estufas eléctricas, etc.

LA ELECTRICIDAD PRODUCE CALOR

Máxima Corriente por un Conductor

Rara vez se conecta un conductor directamente a los terminales de una fuente de energía eléctrica. La razón es que, aunque la resistencia del alambre determine la circulación de una corriente dada, no puede fluir más corriente de la que la fuente puede proporcionar sin dañarse, ni se puede permitir que circule más corriente de la que el conductor puede soportar sin peligro.
Se recordará que cada vez que una corriente circula por un conductor, se produce el calentamiento de éste. Si la temperatura del conductor se eleva demasiado, el aislamiento corre el riesgo de quemarse.
Existen tablas especiales, que indican la máxima corriente permisible en un alambre de cobre de diámetro determinado.

MAXIMA CORRIENTE POR UN CONDUCTOR

Al circular corriente eléctrica por un conductor se produce calor, éste se aprovecha en la manta eléctrica.

Si la corriente por un alambre es excesiva, el calor creado puede causar el deterioro del aislamiento del mismo.

POTENCIA E INTENSIDAD USUALES DE ARTEFACTOS ELECTRICOS A 220 V.

ARTEFACTO	W	A	ARTEFACTO	W	A
Acondicionador aire frío (sólo 1 HP)	1.060	8.00	Licuadora	350	2.60
Aspiradora	180	1.40	Lustraspiradora	300	2.30
Batidora	100	0.80	Máquina de coser	75	0.50
Cafetera	500	2.30	Máquina lavaplatos	2.000	9.10
Calentador de baño (ducha)	4.500	20.00	Parrilla	1.500	6.82
Calentador de inmersión	500	2.30	Plancha automática	1.000	4.50
Caloventilador	2.000	9.50	Purificador de aire	100	0.80
Enceradora	200	1.50	Proyector cinematográfico	200	1.50
Estufa	1.000	4.50	Proyector de diapositivas	150	0.80
Equipo estereofónico	200	0.90	Secador de cabellos	400	1.90
Hervidora	500	2.30	Secador de ropa	2.500	11.50
Heladera 1/6 - 1/3	160	1.20	Televisor	200	0.90
Grill	800	3.65	Tostador	400	1.82
Lámpara incandescente	100	0.45	Turbo ventilador grande	200	1.50
Lámpara fluorescente	40	0.40	Ventilador grande	200	1.50
Lavarropas	200	1.50	Ventilador chico	100	0.80

Debe considerarse la probabilidad de uso simultáneo casual de dichos artefactos (factor de utilización), para determinar por medio de esta tabla la "potencia instalada" total de una instalación.
En la tabla siguiente, en cambio, se indica la intensidad máxima admisible en servicio permanente para conductores aislados, de acuerdo con normas y prescripciones nacionales vigentes, entre otras las de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires:

INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE EN SERVICIO PERMANENTE PARA CONDUCTORES AISLADOS

SECCION mm2 DE COBRE	INTENSIDAD EN AMPERE	SECCION mm2 DE COBRE	INTENSIDAD EN AMPERE
1.0	6	95	195
1.5	9	120	235
2.5	15	150	270
4.0	22	185	320
6.0	30	240	380
10.0	40	310	460
16.0	55	400	550
25.0	75	500	650
35.0	95	625	750
50.0	120	800	900
70.0	155	1.000	1.050

Código de Colores

Los conductores de la Norma IRAM 2183 y barras conductoras se identificarán con los siguientes colores:

Neutro: Color celeste.
Conductor: de protección: bicolor verde-amarillo.
Fase R.: Color castaño.
Fase S: Color negro.
Fase T: Color rojo.

Para los conductores de las fases se admitirán otros colores; excepto el verde, amarillo o celeste.
Para el conductor de fase de las instalaciones monofásicas se podrá utilizar indistintamente cualquiera de los colores indicados para las fases, pero se preferirá el castaño.

Secciones mínimas de los conductores.
Se respetarán las siguientes secciones mínimas:

Líneas principales:	4 mm2
Líneas seccionales:	2,5 mm2
Líneas de circuitos para usos generales:	1.5 mm2
Líneas de circuitos para usos especiales y/o conexión fija:	2.5 mm2
Derivaciones y retorno a los interruptores de efecto:	1 mm2
Conductor de protección:	2.5 mm2.

REDES DE DISTRIBUCION.

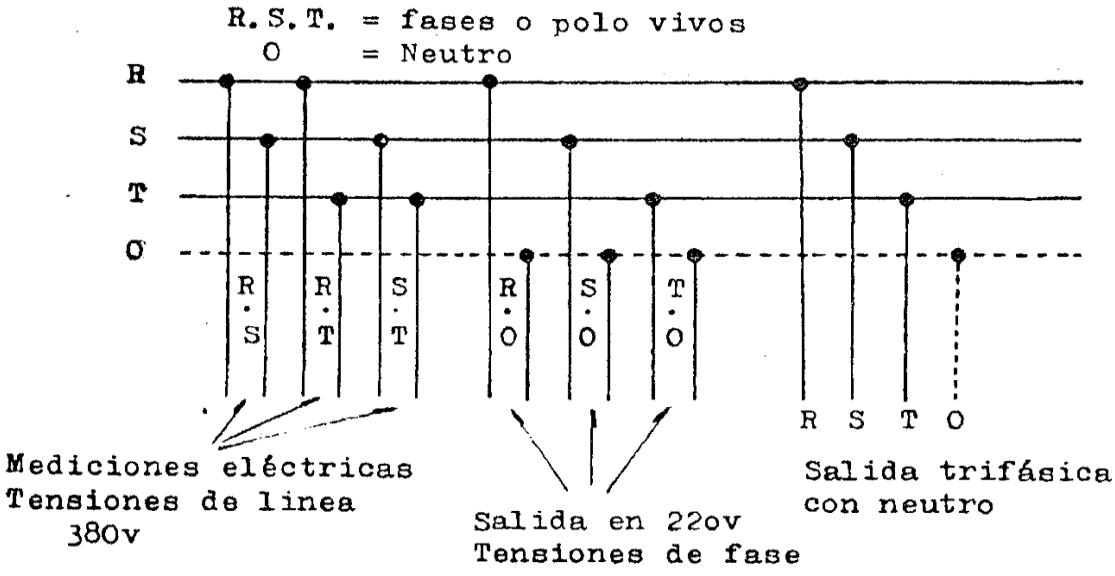
Las instalaciones eléctricas en los inmuebles del radio urbano, suburbano y rural, reciben la energía de las redes de servicios públicos,
Entre los grandes generadores y el usuario son las redes la única conexión directa.

Por lo tanto, si tomamos un generador en una usina y seguimos el camino que realiza la energía hasta un domicilio, observaremos que dicho generador entrega la misma a un transformador, el cual eleva para su mejor transporte a través de las líneas de alta tensión (A T); dichas líneas llegan a diferentes ciudades donde existen las estaciones de rebaje, en ellas nuevos transformadores rebajan esas magnitudes de energía para entregarlas a las subestaciones donde a su vez y distribuidos por lo radios de prestación de servicios eléctricos, se encuentran nuevos transformadores que llevan la energía a los niveles de 220/380 volts.

Entre las redes de distribución, se determinan a través de sus niveles las redes de baja y media tensión, las de alta tensión son consideradas como líneas individuales.

REDES DE BAJA TENSION

Las redes de baja tensión podemos encontrarlas de dos maneras diferentes, aéreas y subterráneas; normalmente son trifásicas, es decir, tres conductores de corriente considerados VIVOS y un conductor neutro; este conductor tiene el objeto de poder, a través de su conexionado con cualquiera de los polos vivos, de una disminución del nivel de tensión y de poder por la potencia de consumo trabajar en una alimentación eléctrica monofásicas.
El esquema siguiente muestra a una línea de 380 Volts y su respectivo neutro, como así poder demostrar lo que es llamado tensión de línea y tensión de fase.



RED DE DISTRIBUCION AEREA

Son consideradas aéreas a las redes soportadas por postes de madera, hormigón, hierro, ménsulas, etc.

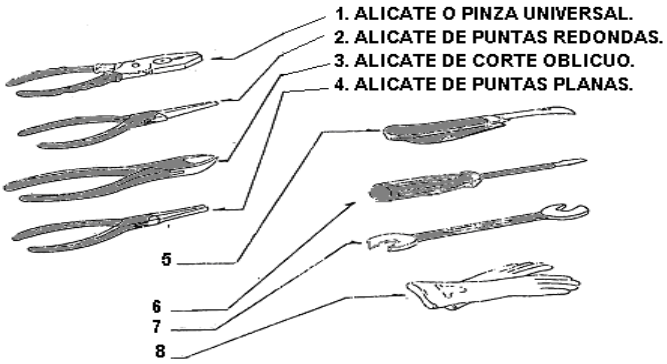
Los receptores conexionados (Consumos) se realizan a través de conductores aislados que varían de 4 a 16 mm2, en cuyos polos o fases vivas poseen conexionados (en serie) las protecciones correspondientes (fusibles).

Este sistema, es de fácil dominio para el corte de suministro de energía en casos de emergencias, si bien, el corte debería realizarlo el personal autorizado por la empresa que suministra dicha energía, debemos estar preparados para realizarlo nosotros, en ausencia de dicho personal.

HERRAMIENTAS DE UN ELECTRICISTA

PRECAUCION.

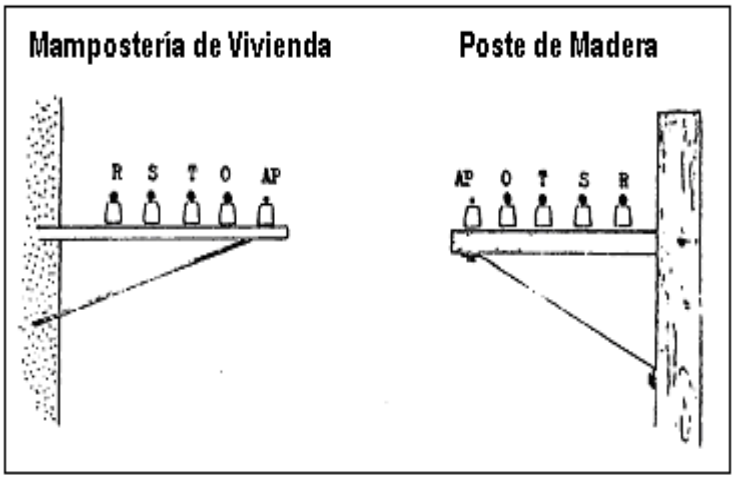
Con estos elementos podrá realizarse cualquier corte de conductores eléctricos, se recomienda **SIEMPRE** utilizar los guantes aislantes, efectuando los cortes de los conductores en su totalidad.



5. CORTA PLUMAS O SIMILAR PARA DESAISLAR CONDUCTORES.
6. DESTORNILLADORES CON VASTAGOS AISLADOS.
7. LLAVES DE BOCA FIJA O DE CORONA.
8. GUANTES AISLANTES.

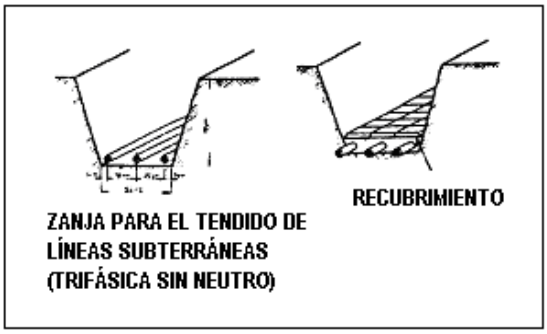
PARA TENER EN CUENTA.

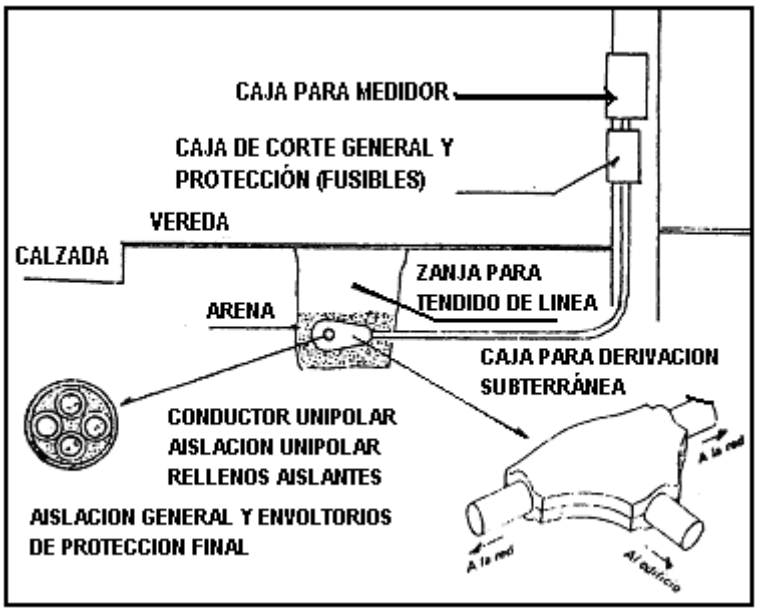
Las redes de distribución constan generalmente de cinco conductores eléctricos, ellos son (R) (S) (T) de la línea trifásica. Un neutro y un cable algo mas fino para el alumbrado publico. La ubicación de estos conductores se realizan tomando como base la pared o bien la parte mas próxima al poste.



Alimentación Con Línea Subterránea

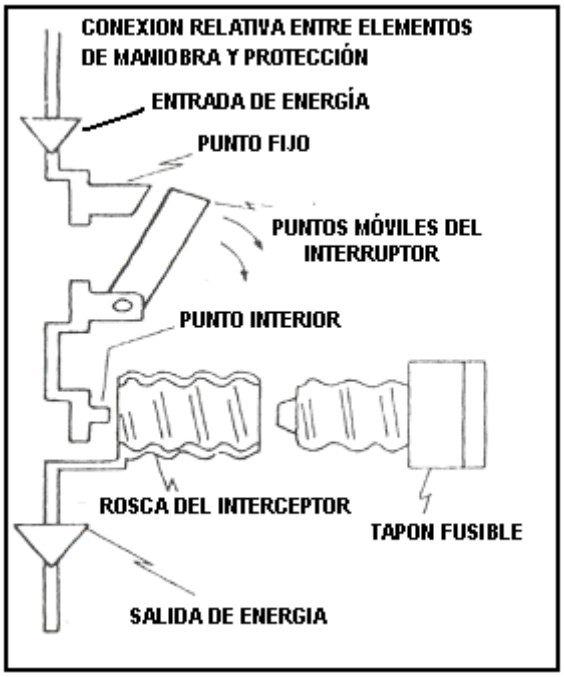
En todos los casos, entre la red de distribución y la instalación domiciliaria, se encontraran los mismos elementos de corte y protección (Interruptores bipolares y fusibles) salvo en esta que no existe el fusible aéreo, en este caso se encuentra entre la caja del medidor y la red publica, una caja en cuyo interior están los elementos anteriormente citados.





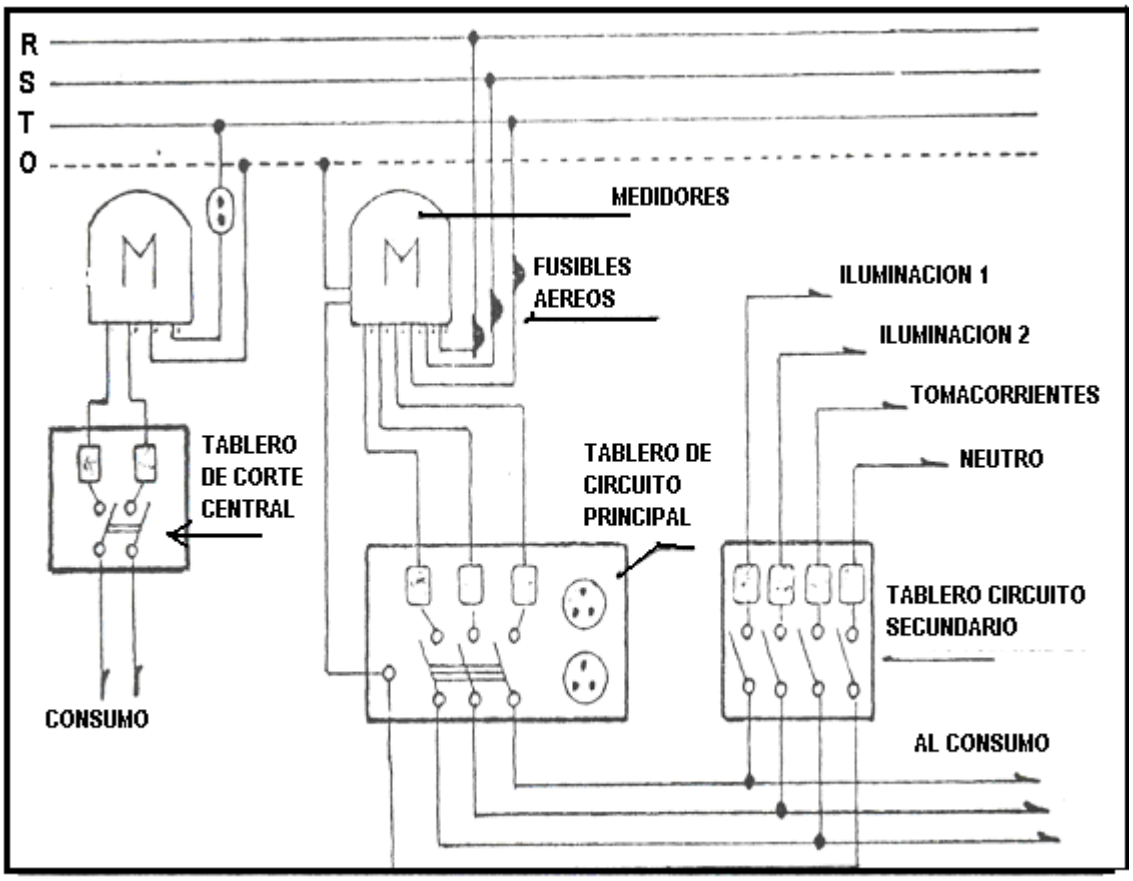
SISTEMA DE DESCONEXION DE 220 VOLTS PRESENTE EN TODA VIVIENDA HABITACIONAL

Si bien la figura presente se observa claramente el sistema de desconexión en la alimentación de 220 Volts, no debemos olvidar que con abrir el interruptor general, no tenemos un corte visual del sistema eléctrico, por lo tanto, se deberá aflojar y retirar el tapón portafusib!es; cada una de las fases poseen un fusible individual, cuando la emergencia este centralizada en el comercio o taller, la alimentación será en la mayoría de los casos, trifásica, por consiguiente el interruptor abrirá las tres fases, acto seguido se retiraran los tres fusibles.



ESQUEMA DE INSTALACION DOMICILIARIA E INSTALACION COMERCIAL

Las instalaciones domiciliarias, están construidas por circuitos simples (elementos conductores, receptores de consumo e interruptores individuales); en cambio en las instalaciones comerciales donde la alimentación de los mismos es trifásica, podemos encontrar dos clases de sistemas, el principal (con tablero correspondiente) y el sistema secundario (También con tablero correspondiente); ambos cumplen distintas funciones, el primero es utilizado para la fuerza motriz, equipos de soldadura por arco eléctrico, etc., y el segundo para la iluminación y tomacorrientes para el uso e herramientas portátiles monofásicas.



MEDIA TENSION

Si estimamos que los valores hasta ahora estudiados en la baja tensión, son altamente peligrosos para la vida humana en caso de accidentes, mucho mas cuidadosos y mejor preparación deberemos poseer para trabajar en media tensión.

En las instalaciones aéreas de media tensión, en general se utilizan como seccionador y como protección (fusible) y hasta una tensión de 13.200 Volts, (13,2 Kv), los denominados SECCIONADORES AUTODESCONECTADORES.

Una de las ventajas del equipo es que no se funde antes que los fusibles de baja tensión asegurando así la selectividad de las protecciones en los circuitos primarios y secundarios. Otra condición es que nos permite poder trabajar con ellos bajo carga, ya que soportan fácilmente aperturas y cierres del circuito en esas condiciones

INTERRUPTORES AEREOS

Los interruptores eléctricos, son equipos preparados para el corte de energía eléctrica a plena carga.

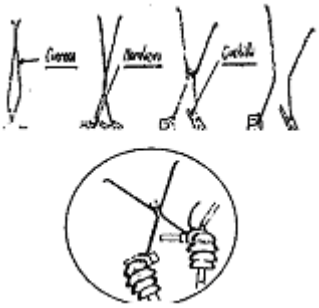
Existen varios tipos de Interruptores eléctricos agrupados en dos grandes grupos:

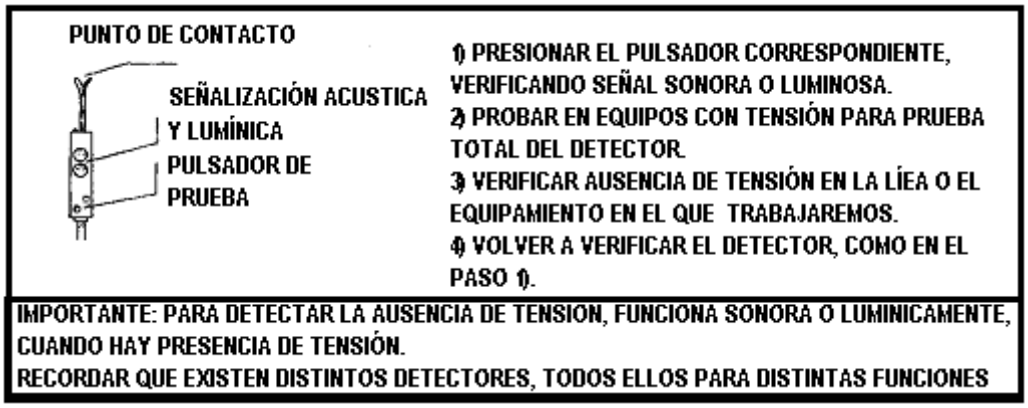
Los Automáticos: normalmente son de corte rápido y no visible, es decir, el seccionamiento del conductor, lo realiza dentro de su equipo con el solo objeto de soplar y/o apagar el arco voltaico que se produce en el momento de la apertura.

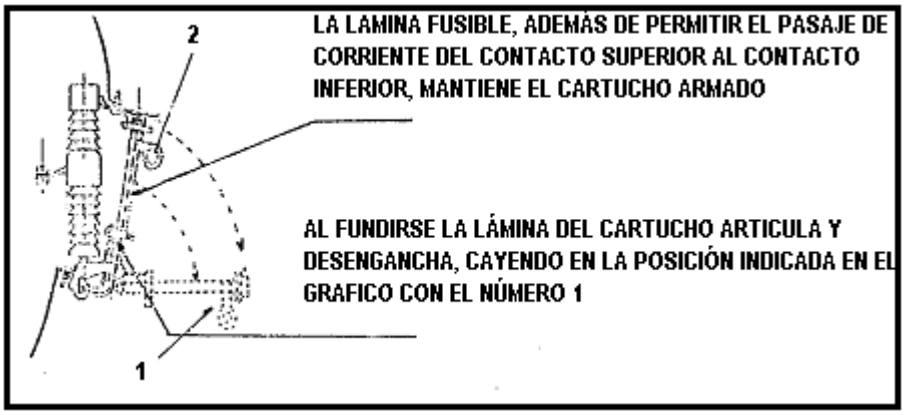
Los Manuales: son aquellos que nos permiten el corte visible el apagado del arco voltaico se realiza en el aire.

ATENCION.
Estos equipos JAMAS podrán ser maniobrados por Bomberos, sin previa autorización del personal habilitado por la Empresa de Energía.

Estos equipos se hallan en su mayoría enclavados en una determinada posición y con candado, en el mando de timonería.
En el primer grupo o sea los automáticos la forma mas efectiva de comprobar que se realizo el corte del suministro eléctrico, es a través de los detectores de ausencia de tensión, estos ya sean lumínicos o sonoros.
En el segundo grupo, o sea los Manuales, se encuentran en su totalidad en las líneas aéreas. (No se los hallará en ningún otro lugar del sistema eléctrico) y su colocación responde a la vista en la figura.- Estos poseen un solo aparato de corte, el interruptor aéreo, el que utiliza un solo dispositivo de extinción, los cuernos.







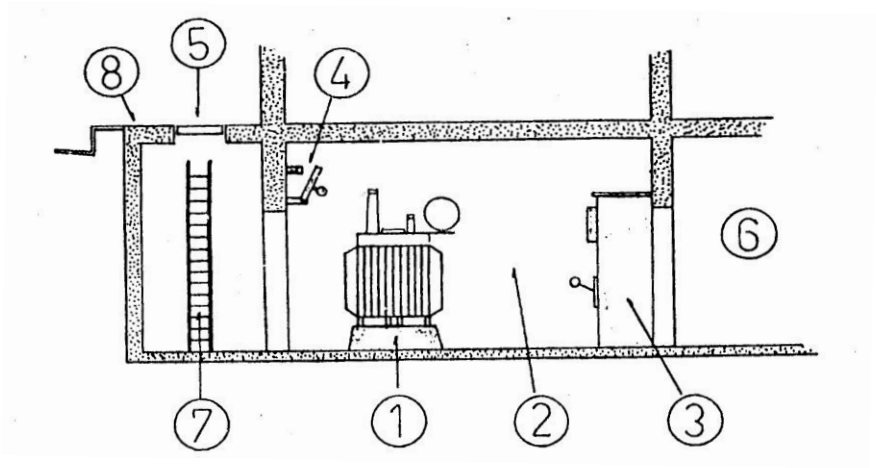
TRANSFORMADORES.
El transformador, una de las maquinas mas peligrosas del sistema eléctrico, tanto por su potencia, como elevada tensión y materiales combustibles que posee en su interior, debe ser conocido y tratado con sumo cuidado y según las reglas puntuales dictadas al

efecto.
Esta es una máquina estática (no posee movimiento o trabajo mecánico en su tarea específica), es totalmente reversible o sea que una misma máquina puede elevar o disminuir la energía, según las necesidades.
Cuando los utilizamos para bajar la tensión, podemos observar tres aisladores del lado exterior, que pertenecen al arrollamiento primario, (se llama así, al arrollamiento de entrada), y cuatro aisladores de salida, para la salida del secundario.
En cada columna del núcleo podemos observar, un primario de alta y un secundario de baja correspondiente a una misma fase.
Todo este equipo esta colocado en un recipiente metálico denominado cuba, lleno de aceite mineral muy puro que actúa como refrigerante y aislación. Cabe señalar que este aceite debe poseer una humedad del 0 %, para que se obtenga de él óptimos resultados, ya que solo 25 gramos de agua en 1000 Kg. de aceite son suficientes para provocar una avería (Arco voltaico) entre los elementos de transformación o entre estos y la cuba.
En la actualidad se emplean sustancias liquidas no inflamables como el Pyranol, que permite colocar a estas maquinas muy cerca de locales habitaciones sin riesgo.
Las paredes de la cuba de los transformadores, en su lado externo, pueden ser lisas, con tubos refrigerantes o caso contrario, construidas con aletas.
Todo transformador posee en su parte superior, un tanque que permite la expansión de! liquido refrigerantes, cuando estando en funcionamiento, aumenta su temperatura.
Los transformadores mayormente conocidos en la actividad de bomberos, son los que constituyen las subestaciones transformadoras, pues en general la energía se distribuye por líneas urbanas o suburbanas de 13.200 y luego se transforman a 220/380 para la aplicación practica del usuario.

SUBESTACIONES TRANSFORMADORAS
Existen tres posibilidades de encontrar estas subestaciones, bajo nivel, a nivel y sobre nivel, todas ellas con características propias.

SUBESTACION BAJO NIVEL

En el dibujo podemos observar una de estas subestaciones en corte, utilizada en general por grandes consumidores como el caso de Industrias, comercios o edificios en torre.



1 - Transformador principal que hace las veces de reductor.
2- Local destinado a la subestación.
3.- Tableros de maniobras y protección tanto para alta como para baja tensión.
4.- Seccionador de entrada de alta tensión que puede estar provisto del fusible de conexión de empalme a la red
5.- Marcamos la entrada de personal desde el exterior y que también señala las bocas de ventilación necesarias.
6.- Local destinado a los medidores de energía eléctrica.
7 -Escalera de acceso a la subestación.
8.- Vereda.

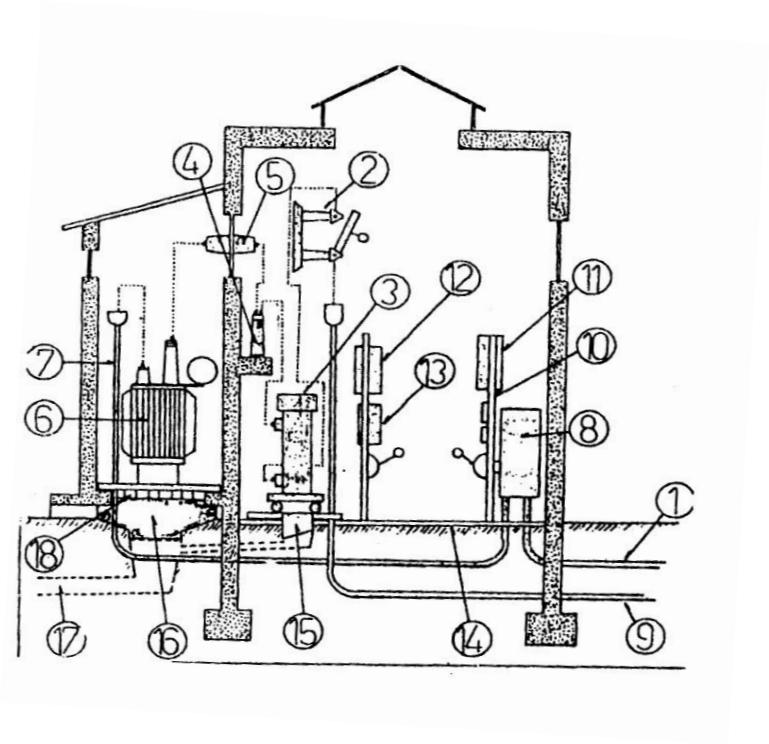
En caso de Incendios.

Los materiales Inflamados tales como el aceite del transformador, tableros de maniobras y protección, etc., no pueden ser visualizados desde el exterior. Hay que recordar que si bien el material utilizado como refrigerantes del transformador no es incombustible (aunque existan normas de seguridad que dictan lo contrario), el aceite al inflamarse, además de la consiguiente elevación de temperatura provoca un humo muy oscuro y denso.

El ataque en este caso *deberá* realizarse a través de la información recabada a la empresa, cerrando los orificios de ventilación y sin utilizar agua en primera Instancia (Extintores tipo C), debido a que normalmente existen circuitos eléctricos secundarios utilizados para medición y control y que pudieran estar alimentados eléctricamente desde otra sala contigua donde aun exista energía.
Para todos los casos de intervención directa en la extinción o enfriamiento se deberá esperar el arribo de personal especializado de la empresa, los que deberán efectuar las maniobras necesarias de corte y comprobación con puesta a tierra del sistema, para luego proceder al trabajo de extinción.

SUB ESTACIONES A NIVEL

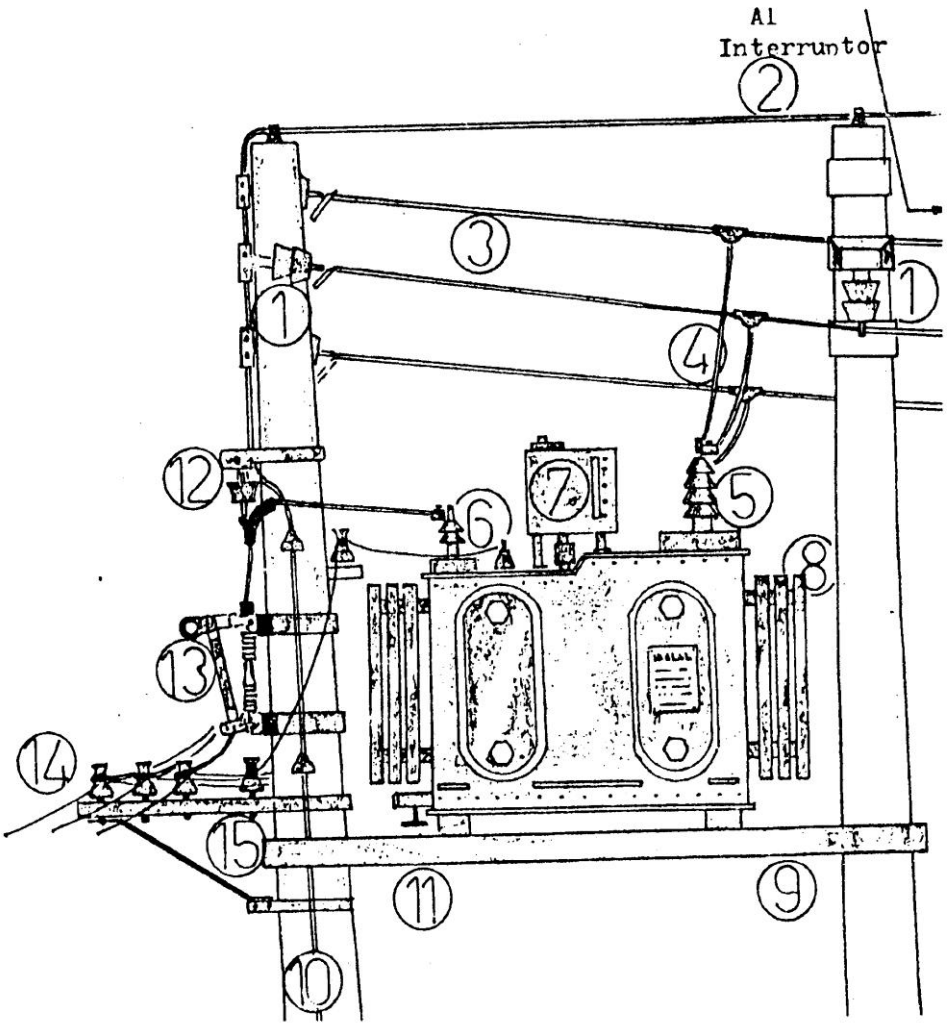
Son elementos que en general están estandarizados, construidos en gabinetes metálicos con drenajes del líquido refrigerante en caso de Incendio, por lo que este se deriva a un lecho de piedras donde se infiltra sin llegar a combustionarse.
Como en la anterior la intervención del personal de bomberos se limitará a proteger el área hasta tanto el personal especializado de la empresa, efectúe las maniobras correspondientes a los efectos de cortar la energía, poner a tierra y comprobar las maniobras.



SUBESTACIONES AEREAS.

En este tipo de subestaciones, los trabajos que se puedan realizar se simplifican bastante debido a que sobre los travesaños que soportan al equipamiento, el

transformador esta totalmente refrigerado debido a su posición a cielo abierto,
En caso de incendio del líquido refrigerante, caerá al piso si existe pérdida, lugar en el cual podrá ser sofocado.
Siempre se deberá tener en cuenta la apertura de los seccionadores interruptores de corte visible que se encuentran sobre la línea aérea de alimentación.



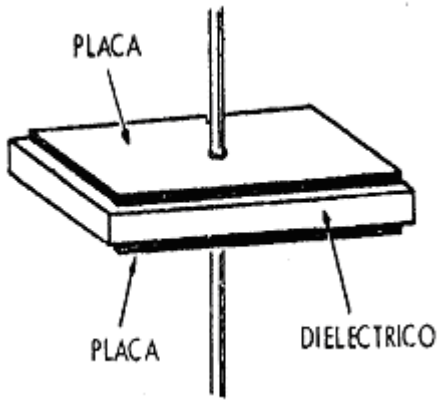
1- Aisladores de sostén de línea y terminales,
2.- Hilo de guardia (a los efectos de detener descargas eléctricas atmosféricas)
3.- Línea de alta tensión.
4.-Empalmes de líneas (Antenas), que se conexiones en los aisladores.
5.- Entrada de alta tensión al transformador,
6.- Aisladores de baja tensión que pasando por el soporte 12, atraviesa el Seccionador autodesconectador 13, para pasar a las redes de distribución de baja tensión 14.
15.- Observamos la salida del neutro
7 -Tanque expansión del aceite.
8.-Grupos refrigerantes del transformador,
9.- Base del soporte total.
11.- Válvula de vaciado en caso de reparación.,

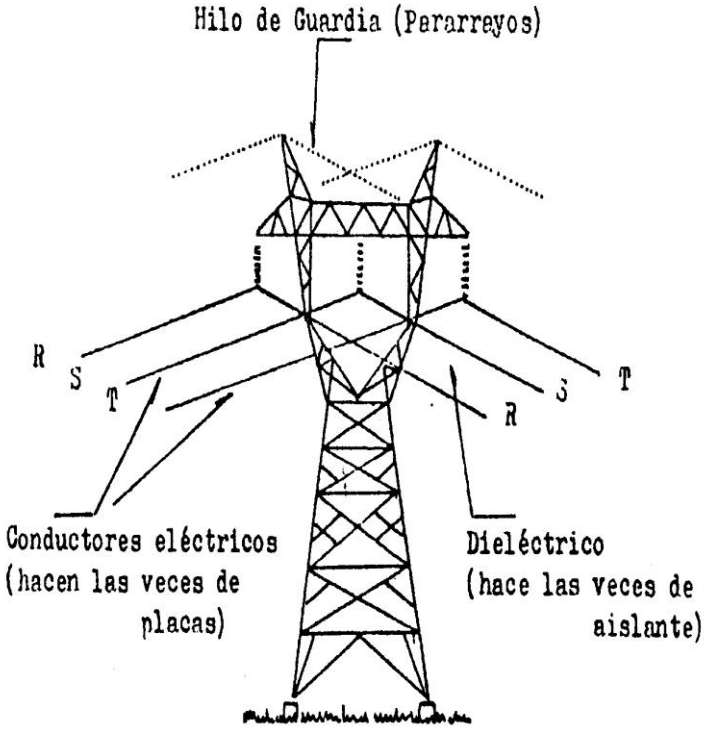
MUY IMPORTANTE.
En los siniestros de centro de generación, estaciones transformadoras, subestaciones. etc., las maniobras deberán realizarlas el personal especializado de la empresa, y desde el inicio de las maniobras el responsable directo de la empresa y el Jefe del

Servicio de Bomberos deberán establecer un único centro de ordenes para el personal dependiente de cada uno , y en el caso del personal de bomberos, solo procederá a realizar cualquier tipo de acción, ante la orden directa de su Jefe de Servicio, pues, dada la peligrosidad del siniestro, un solo error, puede causar la muerte a muchas personas.

CAPACITORES

Este elemento en su forma básica, se compone de dos placas separadas y enfrentadas entre si, sin tener contacto eléctrico entre ellas.
Estas placas son de metal conductor, ya que están destinadas a almacenar cargas eléctricas.
El elemento separador de ambas placas siempre es un material aislante, denominado dieléctrico.
Existen varios tipos de dieléctrico tales como el aire, papel, mica, cerámicas, plásticos, gomas. etc.
Básicamente existen tres factores que afectan el Calor de capacidad de un capacitor: -
1º: - La superficie de enfrentamiento de las placas que componen el capacitor
2º. - La distancia existente entre las placas (Determinada por el espesor del dieléctrico)
3º. - El tipo de material que se utiliza como dieléctrico.
Los capacitores se descargan con toda su potencia, cuando intercalamos en su circuito un consumo o cortocircuitamos ambas placas del mismo.





ALTA TENSION

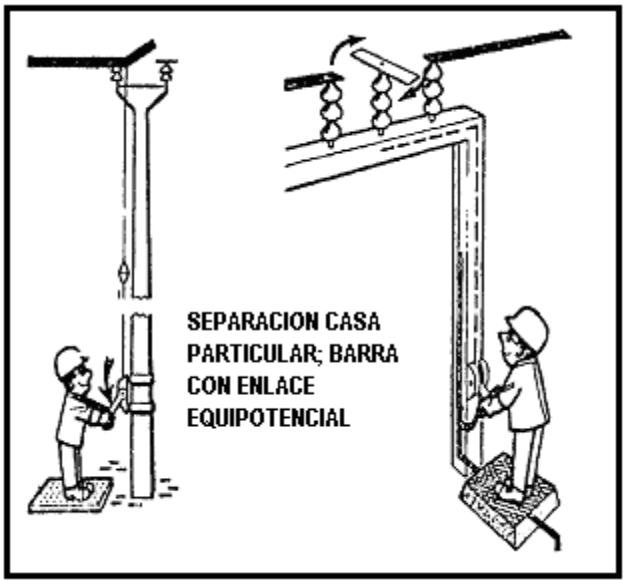
Quedando perfectamente entendido que NUNCA el personal de Bomberos podrá efectuar maniobra alguna sobre una línea de alta tensión, solo plantearemos en este tema algunos conocimientos básicos sobre procedimientos y cuidados a tener en cuenta.
Ante cualquier acción que debamos emprender bajo líneas de alta tensión respetar las siguientes indicaciones.
A.- De acuerdo a la magnitud del siniestro, solicitar el corte del flujo

eléctrico en las líneas mencionadas.
B.-Luego del corte, proceder por medio de personal especializado a su puesta a tierra.
C.- Nunca dirigir el chorro de agua hacia la línea.
D.- Tener presente el efecto capacitor de la línea, aunque este cortado el suministro.

EFECTO CAPACITOR.
Supongamos que una línea de Alta Tensión tiene 100 Km. de extensión y que las tres fases se encuentran sin energía. Si recordamos el capacitor, debemos aceptar que los cables en cualquiera de las fases de la línea pueden actuar como las placas del capacitor.- y si recordamos además que entre los dieléctrico se hallaba el aire. Debemos aceptar también que entre los cables de la línea y el aire que los separa ambos conforman un Capacitor Gigante, que se ira cargando por acción de la fricción del aire en todo su recorrido, como por las descargas eléctricas atmosféricas, y otros.

ELECTRICIDAD: MANIOBRAS- PROCEDIMIENTOS
Habiendo visto y conocido aunque en forma somera, las bases de la baja, media y Alta tensión en líneas eléctricas, ahora debemos pasar al tema de las maniobras con dichos elementos, pero, dejando en claro, desde un principio que, mientras se pueda contar con personal especializado de la empresa que suministra la energía siempre se deberá requerir y dejar a ellos, efectuar las maniobras, por lo que, este trabajo solo está orientado a dar bases elementales de seguridad y procedimientos al bombero que debe ejecutar una eventualidad y sin posibilidades de hallar pronto socorro, deba ejecutar una maniobra en una línea con tensión.

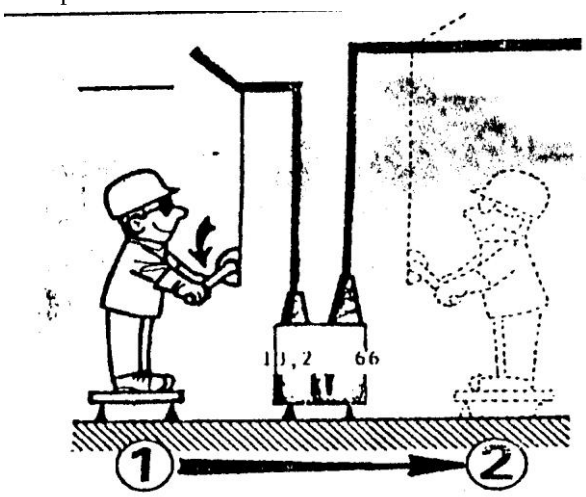
PUESTA FUERA DE TENSION UNA INSTALACION
Para que una instalación eléctrica pueda considerarse como fuera de tensión, se tienen que respetar estos tres axiomas.
A.- Corte visual; Aparatos de separación; seccionadores, interruptores, etc.
B.- Comprobación instrumental. Detectores. Lámparas de prueba. etc.
C.- Puesta a tierra de la línea.
Estos tres puntos deben ser responsabilidad directa del Jefe del Servicio, quien además deberá velar por el cumplimiento de las elementales normas de seguridad en las acciones destinadas a dar cumplimiento a los tres axiomas.
Como ejemplo podemos tomar los siguientes.
a.- Al abrir los aparatos seccionadores, utilizar anteojos, pues existen riesgos para la vista..
b.- Utilizar un taburete aislante o una alfombra aislante con puesta a tierra, para separarse del piso.
c.- Llevar casco, para maniobras con aparatos aéreos.



PUESTA FUERA DE TENSION DE UN TRANSFORMADOR
DE POTENCIA O DE TENSION.

La puesta fuera de tensión se efectúa en el siguiente orden

a. Corte de la Tensión mas BAJA
b. Corte de la Tensión mas ALTA



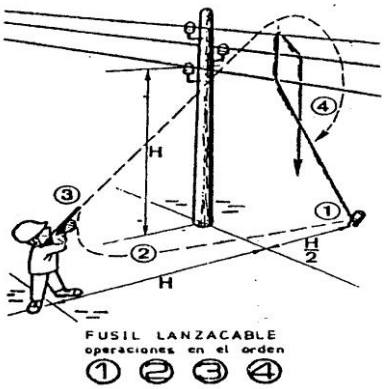
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

La puesta fuera de tensión de un transformador de corriente, se efectúa cortando solamente las circuitos correspondientes a la tensión más alta.

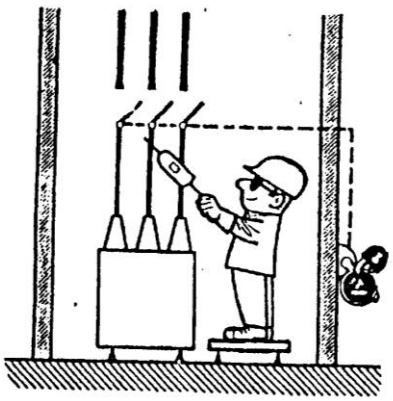
VERIFICACION DE AUSENCIA DE TENSION.
PUESTA A TIERRA Y EN CORTO CIRCUITO.
La verificación de ausencia de tensión es OBLIGATORIA EN TODOS LOS CASOS

La verificación de ausencia de tensión, la puesta a tierra y en corto circuito deben corresponder a todos los conductores, comprendido el neutro y el alumbrado público, en los casos de baja tensión, en caso de constatar la presencia de tensión, comunicar la novedad con carácter de URGENTE al Jefe del Servicio.

PUESTA A TIERRA Y EN CORTOCIRCUITO.



CELDA DE MEDIANA TENSIÓN.



TABLERO DE BAJA TENSIÓN

SECCIONADOR A TIERRA

Antes de efectuar una puesta a tierra adicional, debemos aseguramos que estén las cuchillas del seccionador de tierra en la posición correspondiente a tierra.

Las puestas a tierra y los cortocircuitos se realizaran luego de comprobar dicha ausencia en puntos tales como: Órganos de maniobras, fuentes de alimentación de circuitos auxiliares.

RESUMEN DE PREVENCIONES EN LAS MANIOBRAS.

Para efectuar cualquier maniobra o trabajo sobre una instalación eléctrica, el bombero debe obligatoriamente.

A.- Haber recibido una orden formal de su Jefe de Servicio.

B.-Estar seguro de haber comprendido la orden recibida.(Caso contrario, hacerla repetir)

C.-Observar rigurosamente la orden recibida.

D.- No sobrepasar los limites de las zonas de trabajo que le hayan sido fijadas.

E.- Utilizar el equipo especial para estos trabajos, Mantenerlo en buen estado.

F.- Utilizar las herramientas y el material necesarios a la fase del trabajo a realizar.

G.- No ejecutar ninguna operación que presente un peligro adicional cierto para si o para todo el personal que lo acompaña, aun si de ese hecho sobrevienen peligros materiales o una prolongación de la duración del servicio prestado.

H.- En caso de dudas, recurrir de inmediato a su Jefe de Servicio.

I.- De una manera general, VELAR POR SU PROPIA SEGURIDAD.

LAS 5 REGLAS DE ORO.

1 Corte Efectivo
2 Bloqueo
3 Verificar Ausencia de Tensión
4 Puesta a Tierra y en Cortocircuito
5 Señalización

1 Corte Efectivo

Corte visible de todas las posibles fuentes de tensión que afecten la zona de trabajo.

2 Bloqueo

Efectuar todas las operaciones necesarias, para impedir la maniobra en los aparatos de corte, mientras el personal está trabajando..

3 Verificar Ausencia de Tensión

En el propio lugar de trabajo y utilizando los elementos correspondientes, se comprobará que ha quedado sin tensión, todas y cada una de las partes que afecten a la zona de trabajo, descargando la instalación.

4 Puesta a Tierra y en Cortocircuito

De todas las instalaciones que han quedado fuera de servicio, con los

elementos normalizados.

5 Señalización
Delimitar las zonas de trabajo con la señalización apropiada a la tarea que se deba efectuar.

RIESGO ELECTRICO

¿CÓMO SE DEFINE EL RIESGO ELÉCTRICO?

Definimos el riesgo eléctrico como la posibilidad de circulación de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano, siendo para ello necesario que el cuerpo humano sea conductor, que pueda formar parte del circuito y que exista una diferencia de tensiones entre dos puntos de contacto. Debido a que la electricidad es el tipo de energía más utilizada, a veces caemos en la despreocupación olvidándonos de las mínimas medidas de prevención en su uso.

El riesgo eléctrico puede producir daños sobre las personas (parada cardiaca, respiratoria, quemaduras, etc.) y sobre los bienes, debido al riesgo asociado de incendios y explosiones.

La primera muerte por electrocución se comunicó en 1879. En países como los Estados Unidos se producen más de 1000 muertos anuales por esta causa, además de 150 muertos por rayo. Las quemaduras eléctricas representan un 2 % de los ingresos en las unidades de quemados de los hospitales, el 65 % se producen en el lugar de trabajo (normalmente empresas eléctricas), el 32 % son domésticos y el 3 % de causas varias.

A título orientativo podemos decir que representan sólo del 0,5 al 0,8 % de los accidentes con baja laboral, pero este bajo porcentaje se corresponde con el 8 % de los accidentes mortales en los centros de trabajo, lo cual indica que se asocian a lesiones muy graves.
Son más frecuentes en varones de 20 a 30 años, siendo la corriente alterna de baja tensión la más involucrada en los accidentes.

¿Qué factores intervienen en el riesgo de lesiones por electricidad?
Los factores que intervienen en los accidentes eléctricos se pueden clasificar en factores técnicos y humanos.
Dentro de los factores técnicos mencionaremos los siguientes:
Intensidad de la corriente que pasa por el cuerpo humano: Se ha demostrado experimentalmente que es la intensidad que atraviesa el cuerpo humano y no la tensión la que puede ocasionar lesiones debido al accidente eléctrico.
En este sentido comentar que a partir de 1 mA de corriente alterna ya se comienzan a percibir hormigueos, y que hasta intensidades de 10 mA del mismo tipo de corriente, la persona aún es capaz de soltar un conductor.

Tiempo de exposición al riesgo: No podemos hablar de valores de intensidad sin relacionarlos con el tiempo de paso por el cuerpo humano. De esta forma,

para cada intensidad de corriente se establecen, según el tiempo de contacto, tres niveles:
Nivel de seguridad: Abarca desde la mínima percepción de corriente hasta el momento en que no es posible soltarse voluntariamente del conductor. En dicho periodo no se produce afectación cardiaca ni nerviosa.

Nivel de intensidad soportable: Se produce aumento de la presión sanguínea y alteraciones del ritmo cardiaco, pudiéndose llegar a parada cardiaca reversible. Además, el nivel de conciencia va disminuyendo llegándose al coma por encima de 50 mA.
Nivel de intensidad insoportable: Estado de coma persistente y parada cardiaca.
Recorrido de la corriente eléctrica por el cuerpo humano: Las consecuencias del contacto dependerán de los órganos del cuerpo humano que atraviese la corriente. Las mayores lesiones se producen cuando la corriente circula en las siguientes direcciones:

Mano izquierda - pie derecho
Mano derecha - pie izquierdo
Manos - cabeza
Mano derecha - tórax (corazón) - mano izquierda
Pie derecho - pie izquierdo

Naturaleza de la corriente:
Diferenciamos entre corriente alterna y corriente continua.

Corriente alterna:
Su característica fundamental es la frecuencia, de tal modo que esa alternancia en el sistema cardiaco y nervioso produce espasmos, convulsiones y alteraciones del ritmo cardiaco.
Las altas frecuencias son menos peligrosas que las bajas (sólo percepción de calor con frecuencias superiores a 10.000 Hz). Por debajo de 10.000 Hz los efectos son similares a los de la corriente continua.

Corriente continua:
Suele actuar por calentamiento y generalmente no es tan peligrosa como la alterna, si bien puede inducir riesgo de **EMBOLIA** y muerte.

Resistencia eléctrica del cuerpo humano**:**

Entre los factores determinantes tenemos la edad, el sexo, las tasas de alcohol en sangre, el estado de la superficie de contacto (humedad, suciedad, etc.), la presión de contacto, etc.

El valor máximo de resistencia se establece en 3000 Ohmios y el mínimo en 500 Ohmios. La piel seca tiene una gran resistencia, del orden de 4.000 Ohmios para la corriente alterna.
En el caso de piel húmeda se reducen los niveles de resistencia hasta 1500 Ohmios, con lo que sólo con 100 V la intensidad que atraviesa el organismo puede producir la muerte. La sudoración también es un factor que puede disminuir la resistencia de la piel.

La resistencia en el interior del organismo es, en general, 1000 veces menor que la de la piel, siendo menor para la corriente alterna.

En el interior del organismo la resistencia disminuye en proporción directa a la cantidad de agua que presentan los distintos tejidos; así, de mayor a menor resistencia tenemos los huesos, el tendón, la grasa, la piel, los músculos, la sangre y los nervios.

Tensión aplicada:
Definimos la "tensión de contacto" como la diferencia de potencial que pueda resultar aplicada entre la mano y el pie de una persona que toque con aquella una masa o elemento sin tensión. En ausencia de contacto con elementos aislantes, aumenta la tensión de contacto y se favorece el paso de la corriente. Las tensiones más peligrosas son, para la corriente continua, las cercanas a 500 V, y para la corriente alterna las próximas a 300 V.

PELIGROS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

Los accidentes eléctricos, también llamados choques eléctricos, se producen cuando el hombre toca parles de una instalación eléctrica bajo tensión, encontrándose a la vez sobre un suelo de buena conductividad, o estando en contacto con cualquier elemento conductor conectado a tierra, se forma un circuito eléctrico entre el hombre y la tierra.
Los efectos fisiológicos de la corriente que circula por el organismo, dependen de los siguientes factores:
-Intensidad de corriente
-Tiempo de contacto
-Tensión
-Resistencia del cuerpo entre los puntos de contacto Frecuencia de la corriente
-Condiciones fisiológicas del accidentado

INFLUENCIA DE LA CORRIENTE

Considerando el cuerpo humano como una resistencia eléctrica, la intensidad de corriente que recibe un accidentado es, de acuerdo a la ley de Ohm, función de la tensión y de la resistencia eléctrica, a saber:

Intensidad = Tensión / Resistencia

Por lo tanto, cuanto mayor sea la tensión mayor será la intensidad, siempre que haya suficiente potencia de alimentación. Valores de tensión consideradas corno de baja tensión, corno 220 V Y 380 V pueden producir intensidades que provoquen la electrocución.
Los efectos fisiológicos producidos por la corriente eléctrica en el organismo humano, en situaciones normales para personas adultas con un peso mínimo de 50 Kg., suponiendo que la corriente circula al tocar la parte de dos extremidades y para la frecuencia de 50/60Hz., son las siguientes:

De 0 a 10 mA

Movimientos reflejos musculares y calambres.

De 10 a 25 mA

Se producen contracciones musculares y comienza la tetanización (parálisis) de los músculos de brazos y manos, que se oponen a soltar los objetos que se

tienen asidos. La corriente se superpone a los Impulsos de comando de la mente produciendo su anulación, pudiendo bloquear un miembro o el cuerpo entero. De nada vale en esos casos la conciencia de los Individuos y su voluntad de interrumpir el contacto.
También se produce una dificultad en la respiración y un aumento de la presión arterial.

De 25 a 30 mA

Se producen irregularidades cardiacas y fuerte efecto de tetanización. Cuando se afectan los músculos pectorales, se bloquean los pulmones y se interrumpe la función vital de la respiración. Se trata de una situación de emergencia dado que a partir de los 4 minutos aparecen los síntomas de asfixia.
El pasaje de la corriente eléctrica es acompañado por el desarrollo de calor que produce el efecto Joule, pudiendo generar quemaduras. En los puntos de entrada y salida de la corriente la situación es más critica en razón de la resistencia de la piel y la mayor densidad de corriente en esos puntos. Las quemaduras producidas por la corriente eléctrica son muy profundas y difíciles de curar, pudiendo producir la muerte por Insuficiencia renal.

De 40 mA a 10 A

Se produce la fibrilación ventricular del corazón. Si la corriente afecta directamente el músculo cardíaco puede perturbar su funcionamiento regular. Los impulsos periódicos, que en condiciones normales regulan las contracciones (sístole) y las expansiones (diástole) son alteradas; el corazón vibra desordenadamente y, en términos técnicos "pierde el paso" Es una situación de emergencia extrema dado que cesa el flujo de sangre al cuerpo. Debe tenerse en cuenta que éste es un proceso irreversible que continúa aÚn cuando cesa el flujo de corriente. Sólo puede ser anulado con un equipo denominado desfibrilador, disponible en hospitales y en equipos de socorro.

Superior a 10 A

El corazón sufre una parada durante la circulación de la corriente y si el tiempo es corto, menor de 1 minuto, puede recuperar su actividad normal. La corriente actúa a la vez corno agente de fibrilación y desribrílación. Las quemaduras eléctricas se producen por efecto térmico desarrollado en la trayectoria de la corriente. La cantidad de calor desprendido está ligada a los parámetros físicos de la Ley de Joule.

Q = 0,24 . R . I . t

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE CONTACTO

Zona 1

No aparece ninguna reacción. Está limitada superiormente por los 0,5 rnA (0,0005 A) Y es independiente del tiempo de actuación.

Zona 2

La corriente "se nota", produciendo cosquilleo e incluso dolor, pudiendo el sujeto soltarse del electrodo. Generalmente no es de esperar ningún efecto fisiopatológico.

Zona 3

No representa habitualmente riesgo de fibrilación ventricular. Existe riesgo de asfixia y de tetanización.

Zona 4

Existe riesgo de fibrilación ventricular. Los riesgos en el interior de cada zona se agravan en función de la intensidad de corriente y del tiempo de circulación de ésta.

INFLUENCIA DE LA TENSIÓN y LA RESISTENCIA DEL ORGANISMO

Estos valores son aplicables para corriente alterna hasta 100 Hz y corriente continua. Las mejores condiciones se han efectuado entre extremidades, de mano a mano y de. mano a pie. Debe considerarse que estos valores se aceptan corno mínimos y normalmente con la piel seca. De acuerdo con estas cifras se puede calcular la tensión de seguridad en locales húmedos o secos, sin que aparezcan intensidades superiores a 10 mA, considerada como valor que no produce ningún efecto fisiológico nocivo.

Tensión de contacto: 25 Vols.
Resistencia piel mojada: 2500 Ohm
I = V /R = 25/2500 = 10mA

Tensión de contacto = 50 Vols.
Resistencia piel seca = 5000 Ohm
I = V /R = 50/5000 = 10 mA

Luego se pueden considerar como tensiones de seguridad:
vs. = 25 Volt en locales húmedos o mojados
vs. = 50 Volt en locales secos no conductores

Para una tensión fija aplicada al cuerpo humano, la corriente que circula depende de la resistencia que presenta el organismo. Sin embargo ésta es muy variable y depende de una variedad de circunstancias, tanto internas como externas, tal corno:

-Condiciones fisiológicas y estado de la piel.
-Tensión de contacto
-Espesor y dureza de la piel
-Presión de contacto
-Superficie de contacto
-Recorrido de la corriente por el cuerpo
-Estado fisiológico del organismo

La piel es un órgano que aísla al cuerpo humano del medio exterior
Efectivamente, ofrece una determinada resistencia al paso de la corriente porque los tejidos que la componen son muy malos conductores. Estos tejidos pueden ser comparados con un dieléctrico, formando el conjunto de la dermis y

la epidermis un sistema capacitivo análogo a un condensador. Una piel rugosa y seca puede ofrecer una resistencia de 50000 Ohm. Sin embargo, una piel fina y húmeda por su sudor o por el agua, puede presentar una resistencia de sólo 1000 Ohm. La resistencia de los tejidos internos es muy pequeña, debido a que están impregnados de liquidas conductores, y no depende de la longitud del camino recorrido, Se estima una resistencia media de 500 Ohm. La presión sobre el punto de contacto influye negativamente en la resistencia, en último caso, lo decisivo en el accidente eléctrico es la densidad de corriente en las zonas de contacto.

D = Intensidad / Superficie

En baja tensión, cuando el contacto es uniforme, actúa sobre la piel una gran densidad de corriente. El intenso desarrollo de calor conduce a las típicas marcas en la piel; si el contacto es más amplio en su superficie, no hay destrucción de la piel y faltan las marcas por quemaduras, solamente queda la resistencia de los tejidos internos. Se puede pasar de, valores de resistencia de 50000 Ohm la piel seca a unos 500 al ser destruida ésta y quedar solamente la resistencia interna. El valor de la resistencia del cuerpo varia en función de la tensión que se aplica al mismo, debido al mayor número de puntos de éste ,que sufren perforación eléctrica, según va aumentando la tensión. De numerosos exámenes realizados en determinadas condiciones, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

TENSIÒN DE CONTACTO	VALOR DE LA RESISTENCIA	VALOR DE LA RESISTENCIA
Volt	Piel mojada	Piel normal
25 V	2500 Ohm	10000 Ohm
51 V	2000 Ohm	5000 Ohm
250 V	1000 Ohm	2000 Ohm
Valor asintònico	650 Ohm	1000 Ohm

INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA DE LA CORRIENTE

En todo cuanto llevamos expuesto sobre los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica no hemos referida a corriente alterna de baja frecuencia y a corriente continua. Si se trata de corriente alterna de alta frecuencia, harán falta Intensidades mayores para producir los mismos efectos. A partir de la frecuencia de 100000 hz. se empieza a tener efecto pelicular apreciable, no produciéndose en el organismo más efectos que el calentamiento de los tejidos, por efecto Joule. Se trabajan con altas frecuencias en aparatos electroquirúrgicos o electrobisturies (del orden de los 450000 Hz) en los que la corriente eléctrica se aprovecha como fuente calorica y no afecta órganos vitales. De trabajar con frecuencias industriales, del orden de los 50 / 60 Hz los efectos seria mortales.

INFLUENCIA DEL RECORRIDO

La corriente eléctrica se establece entre los puntos de contactos, por la trayectoria más corta dentro cuerpo, o de menor resistencia. Evidentemente los accidentes serán mucho más graves sí en el trayecto la corriente están órganos vitales corno el corazón, los pulmones o el cerebro, que si se producen entre de los dedos de una mano, puestos en los contactos de una torna de corriente. En el primer caso, y intensidad y tiempo es suficiente, se producirá la electrocución y en el segundo caso, generalmente, todo reducirá a un calambre y una quemadura entre los dedos. Con respecto a la naturaleza del accidentado pone de manifiesto por qué todas las personas no soportan igual una descarga eléctrica. La edad,
La fatiga, el alcohol y el miedo afectan la sensibilidad a los efectos de la corriente eléctrica. Las personas dormidas resisten mejor la corriente eléctrica que las despiertas.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD

De acuerdo a la ley 19587 - decreto 351/79, para prevenir descargas disruptivas en trabajos efectuados, la proximidad de panes no aisladas de instalaciones eléctricas en servicio, las separaciones mínimas, medidas entre cualquier punto con tensión y la parte más próxima del cuerpo del operario o de herramientas no aisladas por él utilizadas son, en la situación más desfavorable:

NIVEL DE TENSIÒN	DISTANCIA MINIMA
0 a 50 V	ninguna
Mas de 50 hasta 1 KV	0,80 m
Mas de 1 KV hasta 33KV	0,80 m
Mas de 33 KV hasta 66 KV	0,90 m
Mas de 66 KV hasta 132 KV	1,50 m
Mas de 132 KV hasta 150 KV	1,65 m
Mas de 150 KV hasta 220 KV	2,10 m
Mas de 220 KV hasta 330 KV	2,90 m
Mas de 330 KV hasta 500 KV	3,60 m

MEDIDAS DE PROTECCIÓN

A LAS PERSONAS Y A LOS EDIFICIOS

Generalidades:
En la protección de las personas contra choques eléctricos se deben considerar fundamentales:

Parte Viva

Es la parte conductora de un componente o una instalación; presenta una

diferencia de potencia de tierra. En una línea hablamos de conductor vivo para designar a los conductores de fase y el nutro.

Masa

Es la parte conductora de un componente o una instalación que puede ser tocada fácilmente, normalmente no está viva, pero que puede volverse viva en condiciones de falla o defecto. Con de masa tenemos las carcazas metálicas de los aparatos o lo conductores metálicos.

Los choques eléctricos pueden provenir de contactos directos e indirectos, sus características son:

Contactos directos

Los contactos directos (con partes vivas o bajo tensión), causan innumerables accidentes, y son por fallas de aislación, por ruptura o remoción indebida de partes aislantes o por actitudes impropias de las personas sobre partes vivas. Un ejemplo de este último caso es el hábito de desconectar la alimentación, equipos portátiles tirando del cable.

Contactos Indirectos

Los contactos indirectos son aquellos que se establecen con piezas conductoras que, sin estar bajo tensión, pueden estarlo si es defectuoso el aislamiento de puesta a tierra. Su peligrosidad estriba en cuando los usuarios se acercan a las masas sin sospechar de su eventual energización.

En condiciones normales una persona está parada en contacto con el suelo (a menos que utilice aislante) por lo tanto tiene el potencial del mismo. Ello significa que el contacto con cualquier elemento, con un potencial distinto puede ser peligroso.

La tensión a la que una persona puede ser sometida al tocar simultáneamente un objeto colocado bajo tensión y otro elemento que se encuentre a un potencial diferente se denomina Tensión de contacto, La tensión de contacto limite que no resulta peligrosa para las personas es de 50 V., no obstante, hablar de una menor que ella, denominada Muy Baja Tensión de Seguridad (conocida por MBTS), establecida en 24 V.

MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Protección Completa

Los elementos que, durante el servicio de la instalación se encuentran sometidos a tensión (elementos activos) deben protegerse contra el contacto directo durante el manejo o mantenimiento de la instalación, su protección puede conseguirse mediante el aislamiento de todos los aparatos, denominado Protección completa o aislamiento de servicio.

Protección Parcial

Las medidas de protección antes descriptas pueden ser imposibles de realizar en un momento determinado durante el servicio o mantenimiento de la instalación.

Entre ellos están los recintos industriales eléctricos, que son instalaciones eléctricas en que los locales sirven exclusivamente para el servicio de las Instalaciones eléctricas, por ejemplo: instalación de maniobra y tableros de

distribución en naves de fabricación y depósito. Como por regla general, los recintos Industriales eléctricos sólo tienen acceso las personas que conocen los peligros de la eléctrica, basta con efectuar una Protección parcial, separando las partes activas del resto del le medio de cadenas o barandas, con lo que se evitan los contactos casuales.

MEDIDAS DE PROTECCION CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Diferentes Métodos:
Los métodos empleados para la protección contra contactos indirectos incluyen:
-Tensión extra - baja protección
-Medidas de protección con conductor de protección
-Puesta a tierra de protección
-Circuito de protección por corriente de agua

Uso de la Muy Baja Tensión de Seguridad

Según el reglamento de instalaciones eléctricas, la tensión extra - baja de protección es la gama de tensiones que quedan por debajo de los 24 V. Se trata de asegurar que no pueda presentarse ninguna tensión de contacto excesiva en los circuitos sometidos a la tensión extra - baja de protección.
En todos estos casos se exige una protección galvánica entre la tensión más alta y la más baja, por medio de un transformador de seguridad.
Para obtener una MBTS la fuente de alimentación debe ser una fuente de seguridad como las que describen a continuación:
1- Transformador con separación eléctrica entre los circuitos primario y secundario, protegido cor cortocircuitos por medio de fusible, salida de 24 V Y 150 VA, montados sobre caja metálica que proteja de calda de agua vertical y conectiva bipolar a la salida.
2- Otras fuentes con un grado de protección no inferior, como motor y generador o dispositivos electrónicos.

Puestas a Tierra

Se entiende por puesta a tierra la vinculación intencional de un conductor a tierra. Si esa unión sé realiza sin interposición de impedancia (o resistencia) alguna, decimos que es una puesta a tierra directa, en caso contrario seria una vinculación indirecta.
La importancia de la puesta a tierra en instalaciones domiciliarias, radica en la seguridad contra tensiones peligrosas para las personas por contacto indirecto.
Las protecciones eléctricas deben, en estos casos de fallas, actuar desconectando la alimentación, los tiempos que estén vinculados a los efectos fisiológicos sobre el cuerpo humano.
Fijada una determinada tensión de contacto (Vc) se puede establecer el valor de la resistencia de puesta a tierra (Rt) que garantice la suficiente corriente, que produzca el accionamiento de la protección. La AEA establece que con Vc = 24 V las protecciones deben operar en tiempos menores a 0,65 seg. donde surge:
Rl = 10 Ohm para viviendas unitarias
Rt = 2 Ohm para viviendas colectivas (Edificios o Complejos)

MEDIDAS DE PROTECCION A LAS PERSONAS

Generalidades:
Corno se mencionó anteriormente, la puesta a tierra de protección es la que se realiza normalmente en los edificios, de allí la importancia de conocer sus características.
La AEA establece para los mismos las siguientes disposiciones generales:
-El conductor de protección (denominado comúnmente conductor de tierra) será eléctricamente continuo y no será eléctricamente seccionado en punto alguno de la instalación ni pasará por el disyuntor diferencial. tendrá la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito máxima coordinada con las protecciones instaladas en el circuito.
-Como conductores de protección en instalaciones domiciliarias deben utilizarse cables unipolares aislados, con sección no menor a 2,5 mm2.
-En todos los casos deberá efectuarse la conexión a tierra de todas las masas de la instalación. Las masas que son simultáneamente accesibles y pertenecientes a la misma instalación eléctrica estarán unidas al mismo sistema de puesta a tierra.
-La instalación se realizará de acuerdo a las directivas de la norma IRAM 2281 - parte III.

INDICACIONES PARA EL EMPLEO DE LOS INTERRUPTORES DIFERENCIALES

Los Interruptores diferenciales protegen solamente las partes de la instalación que están aguas debajo de sus bornes de salida. Si se desea incluir en el circuito de protección las partes metálicas en que van montados los disyuntores hay que aplicar otra medida de protección para las partes de la instalación antepuestas. Pata ello resulta muy apropiado el aislamiento de protección.
En tal caso hay que incluir también en la instalación de protección a los bornes de entrada de los Interruptores que interrumpen el paso de corriente.
SI se montan varios interruptores diferenciales en una instalaci6n; hay que prever para cada uno de ellos un neutro separado.
Si los conductores neutros de varios interruptores se conectan a una barra común se producirán disparos erróneos.
SI sólo se usan dos polos de un disyuntor tetrapolar, se emplearán aquellos que permitan el uso del botón de prueba.
El conductor de neutro no debe tener ningún punto de contacto con tierra aguas arriba del interruptor. De lo contrario el interruptor dispararía permanentemente debido a la componente de la corriente del neutro que fluirla a través de tierra, dado que dicha corriente tiene los mismos efectos que una corriente de fuga a tierra.

INTERRUP DE PROTECCION DIFERENCIAL EN EJECUCIÓN SIMPLE

El típico interruptor diferencial que ha tenido un empleo siempre creciente en los países europeos, es el tipo en ejecución simple.
Está constituido por un mecanismo de detección y un mecanismo de desconexión.
El sistema de detección no es otro que un transformador de núcleo toroidal, por cuyo Interior se hacen pasar todos los conductores de la línea de alimentación

al aparato o aparatos, incluido el neutro. El secundario del transformador está constituido por un delgado conductor arrollado sobre el núcleo, sobre aquél se induce una tensión cuando circula una corriente de derivación en uno de los conductores principales (principio de la conexión de protección).
Tal tensión actúa sobre el mecanismo de disparo o desenganche, que provoca instantáneamente (en menos de 30 MS) la apertura de los contactos del interruptor de protección. El mecanismo de disparo, constituido por un sistema magnético por desviación de flujo, es de acción estática, y presenta la máxima garantía de seguridad de funcionamiento, así como de mantenimiento de las características de intervención a lo largo del tiempo. Es importante notar que el interruptor de protección diferencial funciona por acción directa.
Para provocar la desconexión del aparato interviene directamente la corriente diferencial inducida en el secundario del transformador, contrariamente a lo que ocurre en algunos interruptores convencionales, donde la corriente de defecto o diferencial es capaz de producir la desconexión del interruptor sólo si se amplifica mediante oportunos componentes electrónicos.

INSTALACION DE LOS INTERRUPTORES DE PROTECCION DIFERENCIAL

Es necesario distinguir ante todo, dos casos que son básicos:
1- Instalaciones eléctricas ya existentes
2- Instalaciones eléctricas en fase de proyecto o realización.

Si la instalación eléctrica ya existe, y está en funcionamiento, tendrá, junto al contador, en la entrada al apartamento o vivienda, o en el cuarto de maniobra, si se trata de una Instalación o máquina industrial, interruptores automáticos o fusibles ya Instalados, por lo que bastará entonces con colocar un interruptor de protección por corriente de defecto en ejecución simple, tetrapolar o bipolar, según lo exija la instalación ya existente.
En una Instalación industrial es conveniente que cada máquina eléctrica vaya dotada de su propio interruptor diferencial, puesto que si no, una derivación en una de ellas desconectarla a todas las protegidas por un solo Interruptor, además, la suma de las corrientes de derivación existentes en varias máquinas, a pesar de que de por sí cada una de ellas fuera insuficiente para hacer desconectar el interruptor, podrá alcanzar el valor del tiempo muerto en que las máquinas eléctricas estarán paradas, es evidente que resulta más, adecuado y económico que cada una esté protegida por su propio interruptor diferencial individual.

Instalaciones eléctricas en fase de proyecto o de realización

Si la Instalación eléctrica en una vivienda o en un edificio no está todavía terminada o se encuentra en fase de proyecto, se pueden emplear interruptores diferenciales en ejecución combinada, es decir, con protección térmica, electromagnética y contra corrientes de defecto, reunidas en un solo aparato, para mayor comodidad.
Sin embargo, bajo el punto de vista técnico, la separación de la protección magneto térmica de la diferencial presenta notables ventajas. Tal solución consiste, en realidad, en emplear interruptores diferenciales en ejecución simple, compactos y de reducidas dimensiones, que pueden instalarse perfectamente al lado de los interruptores que son automáticos en los cuadros de distribución normalizados.

HIDRAULICA

INTRODUCCION
DE LA DEFINICION DE "BOMBEROS": "LOS QUE MANEJAN LAS BOMBAS" QUEDA CLARAMENTE ESTABLECIDA LA RELACION DE LA ACTIVIDAD DE LOS QUE LUCHAN CONTRA EL FUEGO Y LOS ACCESORIOS PARA EL MANEJO DEL AGUA EN SUS DIVERSAS FORMAS

EL AGUA

El agua es el elemento más abundante y corrientemente utilizado entre los medios de lucha contra incendios. Su costo es bajo con relación a otros medios, se encuentra en muchos lugares y sus cualidades de extinción son optimas debido a su gran poder de absorción del calor. El enfriamiento producido por el agua hace perder al fuego su poder energético y retarda la combustión.
Para hacer comprensible algunos mecanismos físicos y químicos es necesario conocer algunas de las cualidades y los comportamientos teóricos de los elementos que nos ocupan.
La capacidad de absorción de calor del agua está determinada por su **calor específico** y su **calor latente de vaporización**.

El calor especifico del agua:
Es la cantidad de calor que se debe aportar a 1 gramo de agua para elevar su temperatura en 1 *C, esto es por definición: 1 caloría.-

El calor latente de vaporización del agua:
Es la cantidad de calor que se debe aportar a 1 gramo de agua a 100º C para transformarlo en vapor, esto es 537 calorías.-
Con el fin de visualizar los conceptos anteriores, veremos un ejemplo:
Para llevar un litro de agua (1 Kg) desde 10 *C hasta la evaporación total, se le deben administrar 627 kilocalorías (627.000 calorías); y esta es la cantidad de calor que debe sacarse de una fuente de calor para conseguir la evaporación.
Como referencia considerar que un litro de agua se transforma en aprox. 1700 litros de vapor.
La combustión completa de 1 Kg. de leña libera aproximadamente 4000 kilocalorías
Para apagar un fuego de 1 kg de leña se necesitan aprox. 6 litros de agua.
A fin de dar una idea de magnitudes y haciendo un cálculo rápido con materiales conocidos tenemos:
Una lanza que proporciona 80 litros/min permite apagar aprox.13 kg de leña, o sea que con los 3000 litros de agua de un tanque de autobomba se podrían apagar 500 Kg de leña (combustión total).
Estos ejemplos son muy teóricos por las siguientes razones:

La combustión en general no es completa, además se supone que los bomberos llegan antes que esto ocurra, por lo que la cantidad y tipo de madera en juego puede ser mucho mayor
Por otro lado estamos suponiendo que la totalidad del agua participa en la acción de extinción evaporándose totalmente. No solamente ocurre que una parte del agua no se evapora, sino que tampoco llega hasta el fuego.
Además para que el agua produzca el efecto de extinción debe ser administrada con los accesorios correctos, citamos como ilustración:

Lanza chorro niebla:
Para fuegos de gran superficie de contacto, obtenemos buena refrigeración pero pobre penetración

Lanza chorro pleno:
Para obtener buena penetración, ataca poca superficie y tiene pobre refrigeración

Lanzas combinadas, de chorro pleno y de niebla, para baja y/o alta presión
Permiten tener las ventajas de ambas opciones
Existen en el mercado actual, diseños que brindan una excelente eficiencia en usos combinados y que poseen diseños que brindan la mayor comodidad operativa, con mínima fuerzas de reacción y con sistemas de uniones giratorias en las entradas que permiten los giros sin afectar a la manguera que lo alimenta.
Ejemplo: lanza NEPIRO, de alta presión, con sus alternativas de neblina, chorro plano chorro pleno.
La aplicación y ampliación de lo explicado hasta aquí se verá en los próximos capítulos

LOS BOMBEROS Y LA HIDRAULICA

El objetivo de los bomberos es sin duda apagar el fuego. Esta misión se puede realizar en muchas ocasiones por medio de lanzas y del agua, pero es conocido el axioma que no se debe producir más daño con el agua que el que produciría el fuego. Por lo tanto la satisfacción de la labor se consigue cuando se usa la cantidad de agua justa.
Para ello es necesario trabajar con equipo experimentado y aplicar los conocimientos necesarios para cada función.
El equipo humano básicamente se compone de:

El Jefe del Servicio o Comandante, que debe reconocer y juzgar la magnitud del fuego como la cantidad de agua a emplear para manejar el siniestro. Para ello deberá tener los conocimientos hidráulicos globales para poder impartir las órdenes correctas.

El equipo de ataque: que se encarga de preparar el campo de mangueras y las lanzas correctas tanto para el ataque como para el manejo del fuego; esto tiene importancia para controlar el gasto de agua.

El equipo de alimentación: que deberá preparar la alimentación a las bombas desde los hidrantes y/o fuentes de agua (cisterna, tanques, ríos, etc.).

El conductor (motorista): se ocupa de manejar las bombas correctamente para que la distribución del agua sea la ordenada.
Como se puede apreciar, la operación esta ligada fundamentalmente a la hidráulica, por lo que consideramos muy conveniente tener presentes los conocimientos que siguen.

PROPIEDADES DE LOS LIQUIDOS

En la naturaleza encontramos materiales fluidos y sólidos.
Entre los fluidos diferenciamos los gases y los líquidos, donde los gases son compresibles y cambian de volumen y los líquidos si son comprimidos no cambian de volumen, pero ofrecen poca resistencia a la deformación, en tanto que los sólidos ofrecen gran resistencia a la deformación
Las moléculas de un líquido tienen adherencia entre sí, que se conoce como viscosidad. Un líquido viscoso en movimiento provoca una disipación de energía que es directamente proporcional a la velocidad del fluido y es nulo en reposo.
Los fluidos (gases y líquidos) se mueven de zonas de mayor presión a las de menor presión (caso práctico, una pinchadura de neumático).

PRESION

Presión se define como la relación entre una fuerza actuante sobre una superficie

Fuerza actuante
Presión: ----------
Superficie de apoyo

Para un mismo peso que se distribuye sobre diferentes superficies, la presión es menor cuando esta fuerza actúa sobre la superficie mayor.

UNIDADES DE PRESION

La unidad Newton en el sistema internacional (S I) por metro cuadrado se denomina Pascal: 1 Pa = 1 N/m2, esto corresponde a una presión muy débil por lo que se utilizan los múltiplos del Pascal , hectopascal : 1 HPa = 100 Pa; o sino el megapascal: MPa = 1000.000 Pa
Una unidad muy usada en hidráulica, y que también es múltiplo del Pascal el
1 Bar = 1 bar = 100.000 Pa (aprox.1 kg/cm2) = equivale a 14,5 lbs/pulg.2
La unidad del sistema anterior, que aun es muy utilizado es:
kilogramo fuerza por centímetro cuadrado
1 kgf/cm2 = 9.81 .10.000 Pa (aprox.1 bar)
Otra unidad antigua cuyo valor es aproximadamente 1 bar es:
la atmósfera: 1 atm. = 101.300 Pa
Una unidad muy usada en la práctica y que tiene un concepto concreto es la medida en metros de columna de agua:
10,33 m columna H20 = 1,013 bar = 1 kgf/cm2
apróximadamente se toma 1 Bar cada 10 metros de altura de columna de agua

Para los cálculos es indiferente la unidad que se emplea, siempre que sea coherente con las otras unidades que se utilizan para el resto de los parámetros.

PRESION ATMOSFERICA - PRESION RELATIVA - PRESION ABSOLUTA

LA PRESION ATMOSFERICA:

Es consecuencia del peso de la capa de aire de la atmósfera, que esa aplicada a nivel del suelo, se transmite a todas las superficies con las que esta en contacto.
Esta presión es variable y fluctúa en función de la altitud y condiciones climatológicas. Como dato aproximado, la presión baja de 10 mbars cada 100 m de altura respecto al nivel del mar.
La presión atmosférica normal es de 1013 hectopascal = 1013 mbar.
También se mide en altura de una columna de mercurio = 760 mm Hg
Así como en metros de columna de agua = 10,33 m H20.
Los instrumentos de unidades de USA, están generalmente indicada en mm de columna de mercurio, en cambio los de procedencia europea, están indicadas en Bar o metros

PRESION ABSOLUTA:

Es la que se expresa con respecto al vacío absoluto que para este caso es la presión "cero"

PRESION RELATIVA:

Es la que se expresa con relación a la presión atmosférica -que para este caso será el "cero" de referencia.
Para fijar conceptos:
Presión absoluta = Presión relativa + presión atmosférica
La presión relativa se mide con el MANOMETRO que marca "0" cuando la bomba se encuentra vacía de agua y abierta a la atmósfera
La presión atmosférica se mide con un BAROMETRO y es presión absoluta

EL CAUDAL

El caudal que circula por un sistema es la cantidad de fluido (volumen)que atraviesa una sección en la unidad de tiempo = Q.
Contrariamente a lo que sucede con la presión, el caudal que entra en un sistema es el mismo que sale, circula, se divide, se suma en diferentes ramas, dentro del sistema. Es decir todo el caudal que entra debe salir.

UNIDADES DE CAUDAL

La unidad del sistema internacional
metro cúbico por segundo = m3/s es una unidad muy grande
En la práctica se usan unidades más fáciles de medir:
metro cúbico por hora : 1 m3/h
litro por minuto: 1 l/min

RELACION ENTRE CAUDAL Y VELOCIDAD DE UN LIQUIDO

Dentro de un conducto por el que transita un caudal Q, el líquido fluye y tiene una velocidad en cada punto.

La sección transversal "S" a través de la que circula el líquido permite considerar una velocidad media "Vm" en un régimen permanente tal que

$$Vm\ (m/s) = \frac{Q\ (m3/s)}{S\ (m2)}$$

La velocidad indicada es un promedio para simplificar cálculos y la comprensión del concepto, pero en realidad varia entre casi nulo en la periferia y el máximo en el centro del conducto

La formula de la velocidad nos muestra que a cada cambio de la sección de un conducto, corresponde una velocidad (a caudal cte)

LA ENERGIA

En hidráulica, la energía en un punto de un fluido esta referida a un peso, se la denomina energía ponderal o más comúnmente energía masica y se representa por una altura; se denomina " carga."

El total de la energía másica de presión y de posición representa la parte de energía potencial y la energía de velocidad la energía cinética. La formula general de la "carga" es:

H = Z + P/W + V2 /2g

LA POTENCIA

La POTENCIA es la energía en relación al tiempo, se representa W y la unidad es el Watt (W), también se usan las unidades practicas

1 KW = 1000 W y 1 CV = 0,736 KW

Usando estas unidades, la formula de la potencia utilizable es:

W = P . Q / 36 donde W = kW ; P =bar ; Q = m3/h

W = P . Q/26,5 donde W = CV ; P =bar ; Q = m3/h

ALGUNOS CONCEPTOS DE HIDRÁULICA ÚTILES PARA EL TRABAJO DE LOS BOMBEROS

PRINCIPIOS DE PRESION

El objetivo de este trabajo, es realizar un resumen de algunos de los conceptos de la hidráulica aplicables al trabajo de los bomberos.

La palabra "presión" tiene una variedad de significados.

Normalmente uno relaciona por presión la aplicación de una fuerza sobre algo por medio de alguna otra cosa, posteriormente sugiere sinónimos tales como compresión, empuje o aplastamiento. La presión puede ser fácilmente confundida con fuerza.

Pero la fuerza es una medida de peso y está expresada generalmente en ese tipo de unidades. La medición de fuerza está directamente relacionada con la fuerza de la gravedad.

Esta es la cantidad de atracción que la tierra ejerce sobre todos los cuerpos.

Algunas unidades que expresan la fuerza son: tonelada, kilo, libra, onza, etc.

Presión, en cambio, es la distribución de esa fuerza en área, y puede estar expresada en

- kilos por cm cuadrado, {kgf/cm2)
- Bar,
- libras por pulgada cuadrada (psi)
- metros de columna de agua (mca)

Si una cierta cantidad de objetos del mismo tamaño y peso, son puestos sobre una superficie plana, la fuerza que ejercen sobre la superficie será equivalente.
Un mismo cuerpo rectangular de igual peso y tamaño colocado sobre una superficie plana ejercerá, no importe la forma en que se lo coloque sobre dicha superficie, la misma fuerza pero no, la misma presión.
Supongamos un mismo cuerpo de forma rectangular de 10 cm x 10 cm x 30 cm que contiene 3000 cm3 de agua (cuerpo negro). Puesto en forma horizontal (fig.1) o vertical, (fig.2), ejerce una fuerza de 3 kg.
Pero si está colocado horizontalmente (fig.1) se apoya sobre 300 cm2 (10x30) y si verticalmente, si se apoya sobre 100 cm2 (10x10), ejerciendo una presión diferente sobre la superficie plana que sirve de apoyo.
Es decir, que mientras que la fuerza ejercida por 3000 cm3 de agua es de 3 kgf en ambos casos, la presión sobre el cual está apoyado difiere.

En el caso 1 equivale a

3 kgf
---------- = ejerce una presión de 0.01 kgf/cm2
300 cm2

En el caso 2,

3 kgf
---------- = ejerce una presión de 0,03 kgf/cm2
100 cm2

Para un mismo peso que se distribuye sobre distintas superficies, la presión es menor cuando este peso actúa distribuido sobre una superficie mayor.

POR QUE PRESION ES EL PESO SOBRE LA SUPERFICIE

Por lo señalado la unidad compuesta de presión es una fuerza en una determinada unidad de área (Superficie)

Hemos establecido que presión es fuerza por unidad de área y que el peso de un metro cúbico de agua es 1000 kg. Ya que un metro cuadrado contiene por cada cara, 10000 cm2; entonces el peso del agua en un cubo de (1m x 1m x 1m), es igual a 1000 kg. dividido 10000 cm2, y la presión de la cara de este cubo sobre la superficie donde está apoyado será de 0,1 kgf/cm2.
A la vez la altura requerida para ejercer una presión de 1 kgf/cm2 es igual a
1 dividido 0,1 kgf/cm2, o sea, 10 m.
Entonces, se puede concluir que la presión esta directamente relacionada con el peso y la superficie, ya que presión es peso sobre superficie.

COMO ACTUA LA PRESION SOBRE LOS FLUIDOS

La velocidad de un fluido en una manguera es generada por la presión sobre ese fluido.
Existen seis principios básicos para determinar la acción de la presión sobre otros fluidos; y tienen que ser claramente entendidos antes de estudiar los diferentes tipos de presión.

PRIMER PRINCIPIO
LA PRESION DEL FLUIDO ES PERPENDICULAR A CUALQUIER SUPERFICIE DONDE ESTE ACTUA
El principio puede ser ilustrado por medio de un recipiente con agua y lados planos. La presión ejercida sobre los diferentes lados del recipiente, por el peso del agua, es perpendicular a las paredes del recipiente.

SEGUNDO PRINCIPIO
LA PRESION EN CUALQUIER PUNTO DE UN FLUIDO EN REPOSO, ES DE LA MISMA INTENSIDAD EN TODAS LAS DIRECCIONES.
El principio puede ser ilustrado por una manguera unida a otra con dos manómetros de presión en esa unión. Cuando el agua en las mangueras está en reposo, los manómetros de presión indicarán la misma presión, verificando el principio, ES DECIR TIENE LA MISMA INTENSIDAD EN TODAS DIRECCIONES
O dicho de otra manera, la presión de un punto de un fluido en reposo, no tiene dirección.

TERCER PRINCIPIO
LA PRESION APLICADA A UN FLUIDO CONTENIDO EN UN RECIPIENTE ES EXTERIORMENTE TRANSMITIDO IGUALMENTE EN TODAS LAS DIRECCIONES.
Éste principio puede ser ilustrado por medio de una esfera hueca adherida a una bomba de agua. Una serie de manómetros de presión son puestos en la circunferencia de la esfera. Con la esfera llena de agua y presión aplicada por la bomba, todos los manómetros registran la misma presión.(esto es verdad si todos los manómetros se encuentren en una misma línea de elevación)

CUARTO PRINCIPIO
LA PRESION DE UN MISMO LIQUIDO EN UN RECIPIENTE ABIERTO ES PROPORCIONAL A SU ALTURA
Éste principio puede ser ilustrado por medio de tres recipientes verticales, cada uno con un área de base de un centímetro cuadrado. La altura en el primer recipiente es de un metro, en el segundo de dos metros, y en el tercero de tres metros. La presión en el fondo del segundo recipiente es el doble de la presión en el fondo del primero; y la presión en el fondo del tercer recipiente es el triple de la presión en el fondo del primero.
Por consiguiente, la presión de un mismo líquido en un recipiente abierto es proporcional a la altura del mismo.

QUINTO PRINCIPIO

LA PRESION DE UN LIQUIDO EN UN RECIPIENTE ABIERTO ES PROPORCIONAL A LA DENSIDAD DEL MISMO.

Éste principio puede ser ilustrado por medio de dos recipientes; uno con una cantidad de mercurio, de un centímetro de altura, y el otro con agua, de 13,55 centímetro de altura. La presión en el fondo de cada uno de los recipientes es la misma, ya que el mercurio es aprox. 13,55 mas pesado que el agua.

Por ende, la presión de un líquido en un recipiente abierto es proporcional a su densidad y su altura.

SEXTO PRINCIPIO

LA PRESION DE UN LÍQUIDO EN EL FONDO DE UN RECIPIENTE ES INDEPENDIENTE A LA FORMA DEL MISMO.

Éste principio puede ser ilustrado por un número de recipientes de diferentes tamaños; con la misma área en la base y de igual altura. La presión, en kgf/cm2, ejercida en el fondo de cada uno, va a ser la misma; siempre y cuando cada recipiente contenga el mismo líquido.

En consiguiente, la presión de un líquido en el fondo de un recipiente es independiente de su forma.

TIPOS DE PRESION EN FLUIDOS

5 Bar / 73,5 psi 5 Bar / 73,5 psi 6 Bar / 88,2 psi Absoluto
0 Bar / psi 1 Bar / 14,7 psi Absoluto
0,2 Bar Zona de - 1 Bar Vacío
10,33 mt 0 Bar Absoluto

Presión absoluta = Presión indicada en el manómetro + Presión Atmosférica

La presión, normalmente, puede ser definida como una fuerza o energía, expresada en kgf/cm2, BAR o libras por pulgada cuadrada (psi). Muchos manómetros de presión, expresan presión relativa a la presión atmosférica.

Una medición de 1 Bar, realmente significa 1 Bar mas la presión atmosférica (14.7 psi); o también 24,7 psi mas que el "cero absoluto" (10+14.7=24,7 psi). El cero absoluto es la total falta de presión o un vacío perfecto. Los manómetros, generalmente indican presiones relativas. Por ende, presión atmosférica es igual a cero psi o 14,7 psi absoluto. Cuando un medidor lee menos 0,2 Bar, en realidad lee 0,2 Bar menos la atmosférica o sea 1 Bar – 0,2 Bar igual a 0,8 Bar absoluto. Se denomina vacío a cualquier presión menor a la atmosférica o 1 Bar absoluto.

PRESION ESTATICA

La palabra "estático" significa en reposo o sin movimiento. La presión sobre el agua puede ser producida por una fuente elevada de agua, por presión atmosférica, o por una bomba de energía. Si el agua no se encuentra en movimiento, entonces la presión ejercida es estática. En sistemas de distribución de agua siempre existe un flujo en las cañerías debido a las necesidades industriales o domésticas. Una verdadera presión estática es raramente encontrada en sistemas municipales de agua. Con respecto al flujo de agua, una definición de presión estática, podría ser:

"PRESION ESTATICA ES ENERGIA POTENCIAL ALMACENADA QUE SE UTILIZA PARA FORZAR AGUA POR CAÑERIAS, MANGUERAS, ADAPTADORES."

PRESION NORMAL OPERATIVA

Presión normal operativa es la presión que existe cuando el agua esta en movimiento. La diferencia entre la presión estática y la presión normal operativa es la fricción causada por el agua fluyendo por cañerías, válvulas, etc. Apenas el agua empieza a fluir por un sistema de distribución, la presión estática deja de existir. El agua fluye por un sistema de distribución para proveer a los consumidores con una fuente de agua necesaria. La demanda para el consumo de agua puede variar continuamente entre el día y la noche, y por ende, el flujo de agua en el sistema puede aumentar o descender . Con respecto al flujo de agua, una definición de presión normal operativa, podría ser:

"PRESION NORMAL OPERATIVA ES LA PRESION COMUNMENTE ENCONTRADA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AGUA DURANTE LAS CONDICIONES NORMALES DE USO"

PRESION RESIDUAL

La palabra "residual" significa un residuo o, lo que queda de algo. Presión residual en un sistema de distribución de agua, representa la presión que queda de la total, en función al flujo de agua por las cañerías, etc. Ésta presión puede variar, depende de la cantidad de agua que fluya por las cañerías y de las demandas de consumo. Una cosa para tener en cuenta, es que la presión residual tiene que ser identificada en el lugar donde la medición es efectuada. Una definición de presión residual podría ser:

"LA PRESION RESIDUAL ES LA PARTE DEL TOTAL DE PRESION QUE TENEMOS Y QUE NO ES USADA PARA SOBRELLEVAR LA FRICCION O GRAVEDAD CUANDO SE FUERZA EL AGUA EN CAÑERIAS, MANGUERAS, TUBOS."

PRESION DE FLUJO

La cantidad de velocidad o flujo en el agua saliendo de una abertura produce una fuerza denominada presión fluvial o presión de velocidad. Dado que un chorro de agua saliendo de esta descarga no se encuentra en un tubo, la presión es ejercida hacia adelante y no hacia los costados. Ésta presión fluvial o velocidad frontal puede ser medido con un tubo Pitot. Si se conoce el tamaño de la abertura, la presión del flujo puede ser usada para calcular la cantidad de agua fluyendo en litros por minuto o galones por minuto (gpm). Una definición de presión de flujo podría ser:

"LA PRESION DE FLUJO ES LA PRESION DE LA VELOCIDAD FRONTAL EN UNA ABERTURA CUANDO AGUA ESTA FLUYENDO DE LA MISMA."

PRESION ATMOSFERICA

El medio ambiente sobre la superficie de la tierra es denominado atmósfera. La atmósfera tiene profundidad y densidad, puede ser comparada con el agua y crea una presión sobre todo lo que nos rodea.

La presión atmosférica es mayor en latitudes bajas.

En el nivel del mar la atmósfera ejerce una presión de 1 kgf/cm2 (14,7 psi).

Un método común para medir la presión atmosférica es el de comparar el peso de la atmósfera con el peso de una columna de mercurio. La presión atmosférica puede ser expresada en términos de la altura de la columna de mercurio. Posteriormente ha sido establecido que una columna o tubo de agua de 759 mm (29,9 pulgadas) de altura, ejerce una presión en su base de 1kgf/cm2
(1psi). Como el mercurio es aprox. 13,55 mas pesado que el agua, entonces la altura de la columna de mercurio deber ser 1/13 que la de agua, para ejercer 1 kgf/cm2 (14,5 psi) de presión en su base.

GASES INFLAMABLES

GENERALIDADES SOBRE GASES COMBUSTIBLES

1.- ESTADOS FISICOS DE LA MATERIA

Parece ser que el alquimista belga Bautista Van Helmont, a principios del siglo XVII, calentando diversos materiales en un crisol comprobó que se desprendía un espíritu o aliento salvaje al que se bautizó con el nombre flamenco de geest (espíritu) del cual deriva la palabra “gas” que se emplea en la mayoría de los idiomas. Posteriormente muchos investigadores (Avogadro. Boyle. Gay-Lussac. Charles, Van der Waals, etc.) han estudiado a fondo el comportamiento de los gases y hoy en día, a pesar de las dificultades que se presentan para conocer las propiedades de los mismos, tan sólo perdura la idea de “espíritu” en la etimología de su nombre, aunque continúan válidas entre la gente e incluso entre técnicos, muchas ideas falsas sobre el comportamiento de los gases.

La materia puede presentarse en tres estados:

- **Sólido:** Se entiende por sólido al cuerpo cuyas moléculas presentan una elevada cohesión debido a que las fuerzas de atracción entre ellas son superiores a las resultantes de los movimientos moleculares, de tal forma que cada porción de materia sólida llene una forma invariable y la fuerza de gravedad actúa sobre el conjunto de moléculas. Se dice que los sólidos tienen forma y volumen constantes.

- **Líquido:** En el que las fuerzas resultantes de los movimientos moleculares son lo suficientemente elevados, respecto a las fuerzas de atracción, para permitir que unas moléculas resbalen sobre las otras, con lo cual tienden a ocupar la parte baja del recipiente que contiene el líquido, adoptando su forma. La fuerza de gravedad actúa independientemente sobre cada molécula. Se dice que los líquidos tienen forma variable y volumen constante.

- **Gas:** En los gases el movimiento de sus moléculas es tal que vence a las fuerzas de atracción molecular, así como a las de la gravedad. Las moléculas de los gases se escapan ocupando todo el espacio disponible, por lo que los gases sólo pueden conservarse en recipientes cerrados, sin lo cual se dispersarían en la atmósfera. La velocidad con la que estos fenómenos ocurren depende de la difusibilidad del gas, sin que la fuerza de gravedad tenga una gran influencia en su dispersión. Se dice que los gases tienen forma y volumen variables.

Los gases, al contrario que los sólidos y los líquidos, son en mayor o menor grado compresibles, es por ello que siempre que nos referimos a un volumen determinado de un gas debe indicarse a que presión y temperatura se ha medido, cosa que generalmente no es preciso indicar en el caso de los sólidos y líquidos.

2.- PROPIEDADES DE LOS GASES

Los diferentes gases se caracterizan por diversas propiedades que los hacen aptos para usos muy variados: entre estas propiedades se pueden resaltar las siguientes:

2.1. Reactividad.- Hay gases que son combustibles (acetileno, butano, gas natural, hidrógeno, etc.); otros son comburentes, o sea necesarios para la combustión u otras reacciones de oxidación (oxigeno, aire, cloro, etc.), o bien pueden ser inertes, o sea que ni arden ni favorecen la oxidación (nitrógeno, anhídrido carbónico, etc.). Cada uno de estos gases tiene aplicaciones específicas.

2.2. Densidad.- La densidad de los sólidos y líquidos se expresa con relación al agua. En el caso de los gases esta relación no tendría ningún sentido y por ello se expresa la densidad de los gases con respecto al aire, medidos ambos a las mismas condiciones de presión y temperatura; de esta forma la densidad relativa indica las veces que un volumen del gas que se trate pesa más o menos que el mismo volumen de aire (un metro cúbico de aire seco a 0º C y a una presión de 760 mm. de mercurio pesa 1,2929 Kg.). Los gases menos densos que el aire tienden a ascender en la atmósfera diluyéndose fácilmente en la misma; su fuerza ascensional se emplea en la construcción de aeróstatos y dirigibles (helio, hidrógeno, etc.). Los gases más densos que el aire tienen tendencia a acumularse a ras del suelo y en las oquedades del terreno (anhídrido carbónico, butano, etc.)

La densidad de los gases tiene mucha Importancia en el caso de fugas accidentales, no sólo por lo ya indicado de su ascensión en la atmósfera (hidrógeno, gas natural, etc.) o su tendencia a acumularse en los puntos bajos (propano, butano, etc.), sino porque cuanto menor sea la densidad del gas, su difusión y dilución en el aire será más rápida.

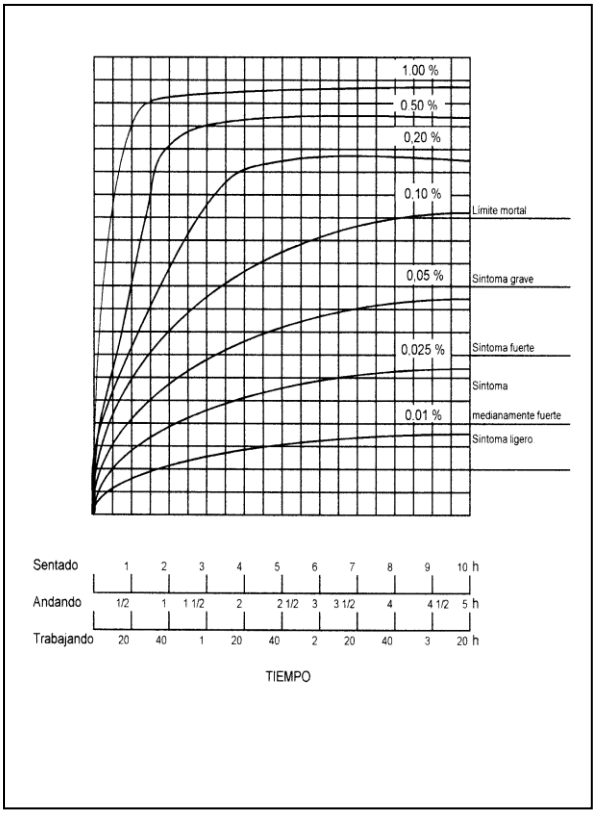
2.3. Acción sobre el organismo humano.- El hombre necesita para vivir el oxígeno del aire y éste se emplea aunque con limitaciones en usos médicos, todos los demás gases pueden ser: tóxicos (monóxido carbónico, cloro, peróxido de nitrógeno, etc.): anestésicos (oxido nitroso, etc.), o inocuos (anhídrido carbónico, nitrógeno, gas natural, etc.) lo que no significa que no sean dañinos, ya que al desplazar al oxígeno del aire, especialmente en los recintos cerrados, pueden producir asfixia.

Cualquier combustible, aunque no sea tóxico pero que arda con defecto de oxígeno o de una forma incorrecta, puede producir intoxicaciones. El monóxido

de carbono se combina muy fuertemente con la hemoglobina de la sangre, bloqueándola e impidiendo su actuación como transportadora de oxígeno. En la gráfica de la figura 1 se representan los efectos derivados de respirar atmósferas que contengan diferentes proporciones de monóxido de carbono; debe hacerse resaltar cómo con tan sólo un 0,1 % de monóxido de carbono en la atmósfera que se respira se puede llegar al límite mortal.

FIGURA 1
EFECTOS DEL MONOXIDO DE CARBONO

Dependencia entre la formación de CO-Hemoglobina en la sangre humana con la concentración de CO aspirado, el tiempo y la actividad.
(de May, Archivos de Patología Industrial 10, 1940)

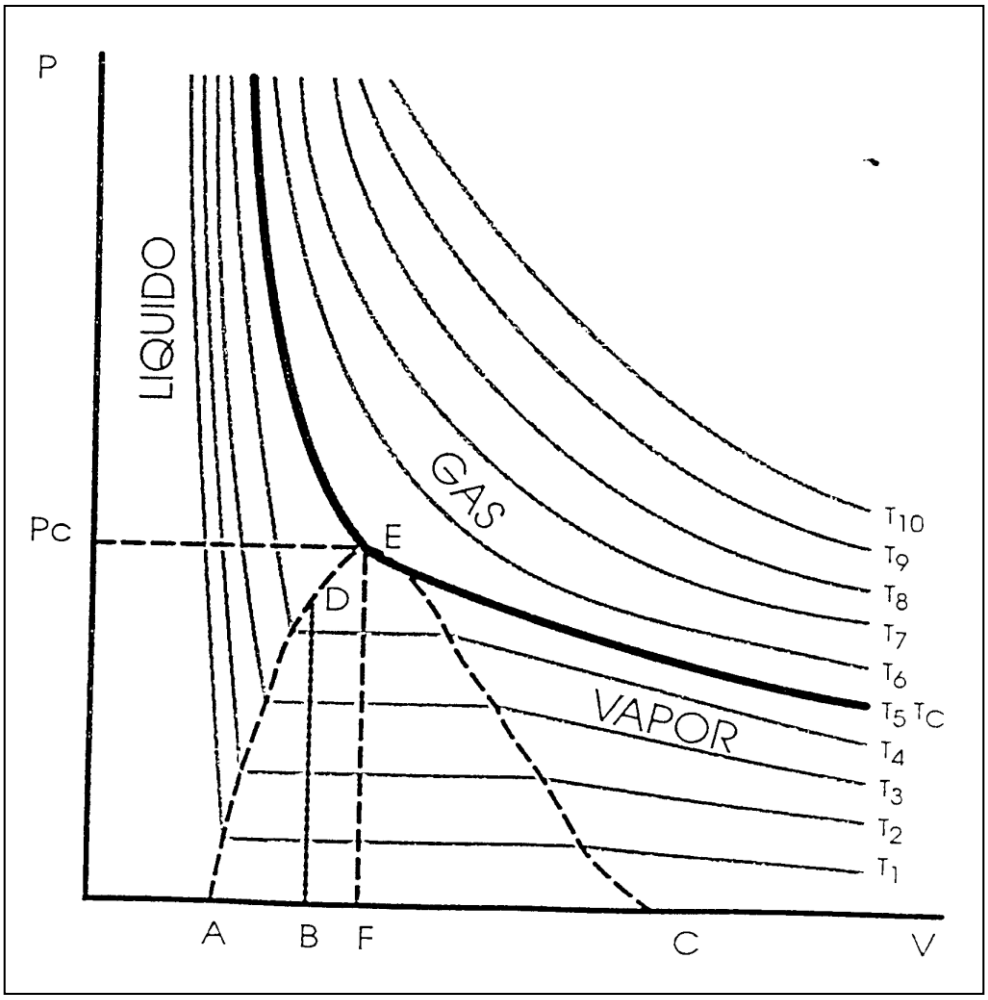


2.4. Compresibilidad.- Como ya se ha indicado, los gases, al contrario de lo que ocurre con los sólidos y los líquidos, son en mayor o menor grado compresibles: esta propiedad tiene importancia para facilitar su distribución ya que al ser comprimidos, y por lo tanto al disminuir el volumen que ocupan, se reducen los costos del transporte, tanto mediante garrafas o cilindros como a través de tuberías.
No todos los gases se comportan igual cuando se comprimen: este comportamiento depende de una temperatura característica de cada gas, llamada temperatura crítica, por encima de la cual el gas no puede ser licuado únicamente por compresión, sea cual fuera la presión a que se someta.

En la gráfica de la (figura 2) se representa, de forma esquematizada, el comportamiento de un gas frente a la compresión mediante líneas isotermas entre las que destaca la correspondiente a la temperatura crítica. Mediante esta

gráfica pueden explicarse muchos fenómenos normalmente mal conocidos o explicados. A continuación se Indican los principales comportamientos de los gases frente a su compresión.
FIGURA 2

COMPRESIBILIDAD DE LOS GASES



a) Hay gases que tienen una temperatura crítica muy baja (aire, oxigeno. metano, gas natural, etc.): estos se pueden comprimir a cualquier presión, manteniendo constante la temperatura sin que ocurra nada, lo cual significaría recorrer (en la gráfica) una curva tal como la T7 de derecha a izquierda. El oxígeno se transporta, en forma gaseosa, en cilindros de acero comprimido a 150 bars (kg/cm2) con lo que su volumen disminuye 150 veces; igualmente el aire de los equipos respiratorios se comprime hasta 300 bars y el gas natural se transporta en la red nacional a 72 bars.

b) Otros gases, cuya temperatura crítica es superior a la temperatura ambiente (propano, butano, anhídrido carbónico, etc.), cuando se comprimen condensan en forma líquida y de esta forma se transportan en garrafas o cilindros de acero, consiguiendo disminuciones de volumen del orden de las 300 veces, aunque con presiones inferiores a las del apartado anterior. A temperatura ambiente (25ºC) estas presiones son aproximadamente las siguientes:

Propano (según composición) ---------- 8.9 kg /cm2
Butano (según composición) ---------- 1.9 kg /cm2
Anhídrido carbónico ---------- 50.0 kg /cm2

Este tipo de compresión significa recorrer una curva tal como la T2 de la gráfica: el tramo horizontal corresponde al período en el que parte del gas está en fase líquida y parte en fase gas; al disminuir el volumen, el gas va condensando sin variar de presión.

Los recipientes que transportan gases licuados no deben llenarse en exceso, como sería el caso de todos los puntos representativos situados a la izquierda de la recta EF, ya que en el caso de un aumento de la temperatura, o sea al desplazarse el punto representativo verticalmente (volumen del recipiente constante, por ejemplo siguiendo BD), no sólo aumenta la presión sino que parte de la fase de gas condensa en forma líquida y en el momento que se llegue al punto D todo el gas se habrá licuado y a partir de este momento un pequeño aumento de la temperatura se transformará en un aumento brutal de la presión, debido a la incompresibilidad de los líquidos, con el consiguiente riesgo de rotura del recipiente.

c) Si cualquiera de los gases indicados en a), además de comprimirlo, se consigue enfriarlo suficientemente, es posible licuarlo; de esta forma se consiguen disminuciones de volumen del orden de las 600 veces, pero se necesitan recipientes especiales que resistan las bajas temperaturas (acero inoxidable, aluminio, etc.) y suficientemente calorifugados para mantener la temperatura del líquido.

Las bajas temperaturas y licuación del gas se consiguen mediante sucesivas compresiones. Refrigeraciones y expansiones adiabáticas del mismo.

Actualmente se transportan licuados el oxígeno y el nitrógeno cuando se precisan consumos relativamente elevados, de los mismos.

d) Un caso especial es el acetileno, el cual al comprimirlo por encima de 1.5 bars tiende a descomponerse en carbono *e* hidrógeno. Con desprendimiento de energía. Para su transporte se ha encontrado una solución útil disolviéndolo en acetona u otros disolventes y embebiendo esta disolución en una materia inerte y porosa que rellena los cilindros de acero; de esta forma se puede trabajar con seguridad a presiones de hasta 25 bars.

2.5. Otras propiedades.- Según el uso al que se destinan los diferentes gases son de interés unas u otras de sus propiedades, así por ejemplo, para todos los gases combustibles además de las indicadas anteriormente, son de Interés las siguientes:

• Potencia calorífica, o sea, la cantidad de calor que puede suministrar la combustión de un metro cúbico de gas, o bien de un kilogramo del mismo.

Normalmente si no se indica lo contrario se indica la potencia calorífica superior, mientras que la inferior que corresponde a no recuperar el calor latente del vapor de agua formado en la combustión se indica únicamente en el caso de aplicaciones específicas.

• Los límites de inflamabilidad corresponden a las composiciones en tanto por ciento de gas en aire entre las cuales a presión y temperatura ambiente la mezcla es inflamable. Estas constantes, así como las dos siguientes, tienen interés en el estudio de los posibles accidentes.

• La máxima velocidad de propagación de la llama corresponde a la velocidad inicial, medida en cm. / seg., con la cual se desplaza la llama de una mezcla estequiométrica de gas-aire.

• La temperatura de inflamación corresponde a la temperatura a la cual se inflama, una mezcla estequiométrica de gas-aire sin necesidad del concurso de una llama.

• La temperatura teórica de combustión es la máxima temperatura que teóricamente se puede alcanzar en la combustión perfecta del gas, estando tanto el aire como el gas a la temperatura ambiente, o sea sin recuperación de calor.

• El punto de rocío de los humos es la temperatura a la cual empieza a condensar el vapor de agua producido en una combustión estequiométrica. Si el gas contiene azufre esta condensación se produce a una temperatura algo superior y recibe el nombre de temperatura de condensación ácida.

• Poder comburívoro que indica el volumen de aire seco preciso para la combustión exacta de un volumen de gas expresado en m3. /m3.

• El volumen de los humos producidos en la combustión estequiométrica de un volumen de gas.

En la tabla de la Figura 3, se indican las principales características de los gases combustibles más significativos.

3.- GASES COMBUSTIBLES MÁS CORRIENTES

3.1. El grupo de los G.L.P. (Gases Licuados de Petróleo) está formado esencialmente por el propano y el butano; ambos son más densos que el aire, de ahí la prohibición de su almacenamiento y empleo en sótanos. Se comercializan licuados en garrafas de acero, cuya presión interior depende del grado de llenado de la garrafa de acuerdo con la siguiente tabla cuyos valores corresponden al propano y butano puros. El butano comercial contiene cantidades variables de propano y algunos hidrocarburos no saturados, y el propano y lleva pequeñas proporciones de butano.

Temperatura ºC		Presión kg/cm^2
Propano	Butano	
0 16 30	-43 -28 -17	0 1 2
40 48 55	-7 -1 8	3 4 5
	18 26 33	7 9 11
	39 43	13 15

Los G.L.P. se obtienen en la destilación de los crudos de petróleo y no tienen olor, por lo que para poder detectar cualquier posible fuga se les adicionan mercaptanos qué son compuestos derivados de sustituir un hidrógeno del sulfuro de hidrógeno por un radical alquilo. Los mercaptanos dan a los G.L.P. su olor característico semejante al de los ajos.

3.2. El gas natural procede de yacimientos subterráneos, donde se encuentra embebiendo rocas areniscas y de donde se extrae mediante perforaciones. Existen diversas teorías sobre la formación del gas natural (origen animal, origen vegetal, origen cósmico, etc.). La composición de los gases naturales varía de un yacimiento a otro pero los que se distribuyen una vez depurados y tratados están formados por alrededor del 90% de metano al que le acompañan pequeñas cantidades de etano, nitrógeno y anhídrido carbónico.

Una vez tratado, el gas natural se transporta mediante tuberías a presión o se licúa para su transporte mediante buques metaneros o camiones cisterna a unos 160ºC bajo cero o se almacena en recipientes para su posterior redistribución. Cuando está licuado se le conoce como G.N.L. (Gas Natural Licuado).

El gas natural no tiene olor y para poder detectado se le adiciona metil etil-mercaptan.

3.3. El acetileno puede obtenerse en generadores apropiados a partir del carburo cálcico y agua pero generalmente se emplea el que viene disuelto en acetona y envasado en cilindros de acero rellenos de una materia porosa.

Su potencia calorífica es de unas 14.000 Kcal /m3 y es ligeramente menos denso que el aire. Por sus especiales características conviene hacer algunos comentarlos sobre su comportamiento.

Puede ocurrir, bien sea por un retomo intempestivo de la llama del soplete, por un defecto en el relleno poroso del cilindro, por falta de acetona, o bien por un incendio fortuito junto al cilindro, que éste se caliente por haberse iniciado reacciones de descomposición en su interior, en este caso debe apagarse el posible incendio y debe rociarse abundantemente con agua el cilindro para enfriado durante el tiempo que sea preciso sin moverlo de la posición en que se encuentre, hasta comprobar que no vuelve a calentarse; sólo entonces se cerrará el grifo de salida y se trasladará con cuidado a un depósito con agua, donde se introducirá, avisando al suministrador de lo ocurrido para que retire y revise el cilindro.

En un principio parece que sería lógico abrir el grifo para aliviar la presión interior y trasladar el cilindro de inmediato a un depósito de agua; sin embargo, si el cilindro se ha calentado significa que en el interior del mismo se ha formado un espacio en el que se ha destruido el relleno y en el que no hay acetona, el hecho de abrir el grifo y mover el cilindro ocasionaría un nuevo aporte de acetileno a dicha zona que normalmente estará con restos de carbón y con hidrógeno, productos de descomposición del acetileno, ambos ya inactivos; por ello es preferible refrigerar fuertemente y tan sólo cuando se tenga la seguridad de haber frenado la descomposición, trasladar el cilindro y vaciarlo lentamente mientras continúa la refrigeración.
Si no se refrigera el cilindro la reacción puede acelerarse, hasta poner al rojo las paredes de la misma, llegando incluso a hacerla estallar.

Los cilindros de acetileno se emplearán en posición vertical y como máximo recostados; nunca se usarán en posición horizontal si ha sido preciso transportarlos horizontalmente se dejarán durante al menos 15 minutos en posición vertical antes de emplearlos.

4. COMBUSTION DE LOS GASES

4.1 Generalidades

Lo combustión es una reacción química entre dos sustancias llamadas combustible, la que arde, y comburente, la que hace entrar en combustión al combustible. El comburente más generalizado es el aire. En la combustión se produce un desprendimiento de energía en forma de luz y calor y unos productos gaseosos llamados humos. En el caso de los combustibles gaseosos no se acostumbran a producir cenizas.

Los gases combustibles se emplean, tanto en la Industria como en aplicaciones domésticas, por su capacidad de producir fácilmente energía calorífica, en el punto deseado, con una gran posibilidad de regulación y con buenos rendimientos; sin embargo esta misma facilidad de combustión hace que cualquier fuga pueda inflamarse, bien sea creando un foco de incendio, bien produciendo una deflagración: por lo tanto el estudio de la combustión de los gases debe realizarse tanto desde el punto de vista del rendimiento como desde el de la seguridad.

En la tabla adjunta (figura 3) se indican, de forma comparativa, las principales constantes de los gases más corrientes.

FIGURA 3

CARACTERISTICAS DE ALGUNOS GASES

	Oxido de Carbono	Hidrógeno	Metano	Etano	Propano	N. Butano	Etileno	Acetileno	Gas Natural
Fórmula	CO	H2	CH4	C2H6	C3H8	C4H10	C2H4	C2H2	
Masa Molecular	28´011	2´016	16´043	30´070	44´097	58´124	28´054	26´038	-
Peso específico gas (gr/l.)	1´250	0´089	0´716	1´356	2´019	2´703	1´160	1´171	0´508
Densidad relativa aire = 1	0´967	0´069	0´554	1´049	1´562	2´091	0´976	0´906	0´640
Temperatura de ebullición a 1 Atm en ºC	-191	-253	-161	-89	-42	-0´5	-104	-84	-
Calor latente de vaporización (cal/gr.)	50´4	108	121´8	116´8	81´7	86´6	115´4	-	-
Potencias caloríficas Superior Kcal/m3 Inferior Kcal/m3 Superior Kcal/Kg Inferior Kcal/Kg	3020 3020 2410 2410	3050 2570 33980 28640	9530 8570 13300 11960	16860 15400 12430 11350	24350 22380 12050 11080	32060 29560 11860 10930	15170 14210 12040 11270	13980 13490 11940 11540	11000 9730 - -
Límites de inflamación en el aire a P y T ambientes Gas Inferior Superior	12´5 74´0	4´0 75´0	5´3 14´0	3´0 12´5	2´2 9´5	1´9 8´5	3´1 32´0	2´5 80´0	4´ 7 13´7
Máxima velocidad de la llama en cm/seg.	50	280	26	34	32	33	65	260	35
Aire seco necesario para la combustión estequiométrica m3/m3	2´38	2´38	9´52	16´57	23´81	30´95	14´28	12´4	12´4
Volumen de humos húmedos producidos en la combustión estequiométrica m3/m3	2´88	2´88	10´52	18´17	25´81	33´45	14´28	12´4	12´4
Temperaturas de inflamación de mezclas estequiométricas ºC	609	572	535	472	468	410	490	305	520
Temperatura teórica de la combustión en el aire (ºC)	2123	2086	1922	1956	1964	1968	2070	2246	1960
Punto de rocío de los humos de la combustión estequiométrica ºC	-	72´8	59´3	56´3	54´3	54´9	54´2	41´9	-
Temperatura crítica ºC	-139	-239´9	-150	34´3	102	153	9´6	36	-

Para que la combustión de un gas sea completa es preciso que se produzca un contacto íntimo entre el gas y el aire; esto se consigue indistintamente por varios procedimientos a saber:

- Dando a la llama una forma aplanada (mariposa)
- Subdividiendo la llama en varias mas pequeñas (calefones)
- Realizando una premezcla del gas con parte del aire preciso para la combustión (quemadores de cocina).
- Produciendo la turbulencia adecuada (quemadores industriales).

Los gases quemados, ricos en anhídrido carbónico, si son mal ventilados pueden producir asfixia en un local cerrado por desplazamiento del oxígeno; peores consecuencias tiene la mala combustión que puede producirse si los humos se mezclan con el aire de alimentación, ya que el monóxido de carbono que se forma es muy tóxico, de ahí lo obligación de disponer de una salida al exterior para los humos de los calefones y calderas.

4.2. Límites de Inflamabilidad

No todas las mezclas de gas-aire pueden arder, y para cada gas se pueden definir dos mezclas límite por debajo y por encima de las cuales no es posible la combustión. Las composiciones correspondientes a estas mezclas se designan con el “Límite inferior de inflamabilidad” (LIE en castellano o LEL en inglés) y el “Límite Superior de Inflamabilidad” y sus valores para algunos gases combustibles se indican en la tabla de la figura 3.

Veamos qué ocurre, por ejemplo, con el gas manufacturado o gas ciudad (línea en puntos del gráfico (figura 4). Si en el interior de un recinto se produce una fuga de gas y en este mismo recinto existe un punto de ignición (llama libre, chispa de aparato eléctrico, etc.) no ocurrirá absolutamente nada mientras en el punto de ignición se llegue al LIE del gas. Si la proporción de gas es superior se producirá una deflagración, o sea una combustión con avance de un frente de llama a una velocidad que será cada vez más rápida conforme aumente la proporción de gas, esta velocidad alcanza un máximo cuando la mezcla gas aire es la óptima para la combustión, descendiendo de nuevo al aumentar la proporción de gas, hasta que para proporciones de gas superiores al LIE (inflamabilidad) no es posible iniciar la deflagración. En la figura 4 se representan las velocidades de propagación de la llama para diferentes combustibles.

4.3. Explosión, deflagración, detonación

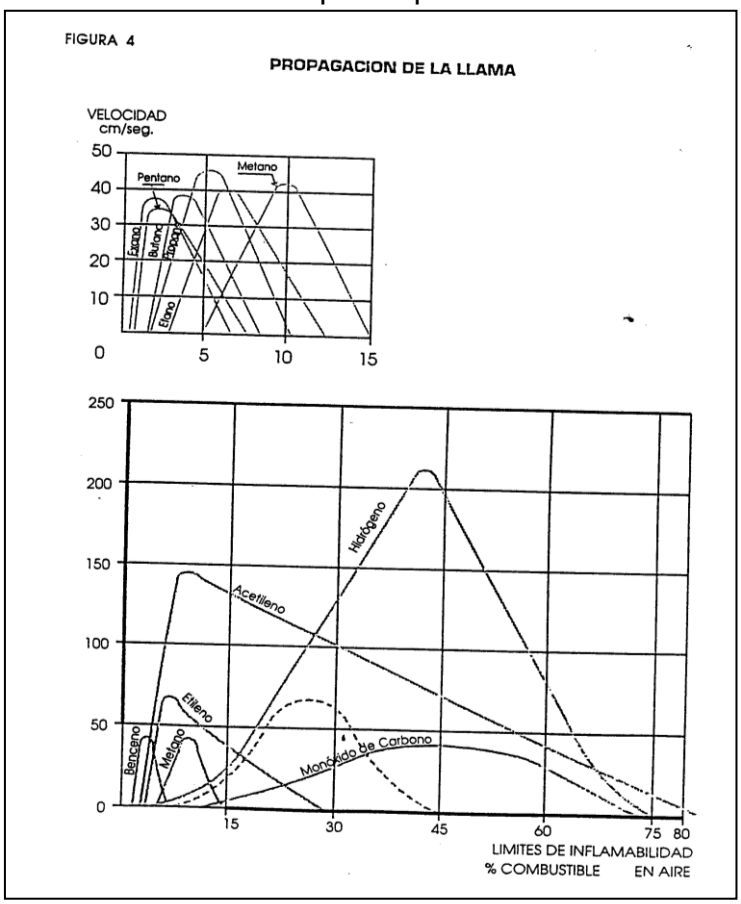
En el sentido más amplio, la explosión es el efecto producido por una expansión violenta y rápida de gases. Las explosiones pueden producirse a partir de:

• Cambios químicos, tales como la detonación de un explosivo o combustión de una mezcla de aire y gas inflamable, generalmente en forma de deflagración.

• Cambios físicos o mecánicos, tales como la rotura de una caldera o recipiente a presión.
• Cambios atómicos (bomba atómica).

La deflagración es la combustión de una mezcla gaseosa por capas, de tal manera que una capa al arder proporciona el calor preciso a la capa siguiente para que se inflame; la combustión se realiza pues, mediante una llama que avanza de forma acelerada pero siempre a una velocidad subsónica.

La deflagración va acompañada de un aumento de presión, cuyo valor depende de la resistencia presentada por las paredes del local, así por ejemplo al aire libre prácticamente no hay aumento de presión, mientras que en un local con paredes muy resistentes se puede llegar como máximo, teóricamente, a 7 Kg/cm2, en la práctica no se llega a estas presiones pues en el momento que ceden los cristales (un cristal normal de vidriero se rompe a unos 22/360 gr/cm2 según dimensiones y espesor) o algún tabique, deja de aumentar la presión así pues depende de la resistencia ofrecida por los elementos débiles y de la superficie de los mismos el que se produzcan más o menos daños.



La detonación es una combustión supersónica de toda la masa gaseosa, o sea sin la participación directa del frente de la llama; en este caso la inflamación de la mezcla se origina por una compresión adiabática producida por la onda de choque. La detonación produce daños mucho más graves que la deflagración ya que al ser supersónica puede romper elementos resistentes al mismo tiempo que los débiles resisten, y para que tenga lugar es preciso que el aumento de presión originado por la deflagración inicial sea muy elevado, ello

significa que en condiciones normales las únicas mezclas de gases con aire que pueden llegar a originar una detonación son las de acetileno, o las de hidrógeno y no en todas las ocasiones ya que las mezclas deben estar en proporciones más cercanas a las óptimas para la combustión que en el caso de las deflagraciones.

Las condiciones precisas para que el gas natural detone son tan inverosímiles que prácticamente se considera que no puede hacerlo.

Las ventilaciones exigidas por los Normas Básicas para las Instalaciones de Gas en Edificios habitados, así como las exigidas para las salas de calderas tienen como finalidad evitar, o al menos retardar, que se pueda formar una mezcla gas-aire por encima del LIE sí se produce una fuga o se deja abierta una de las llaves de la cocina; en el caso de aparatos de mayor consumo, se llega al mismo resultado mediante el seguro de encendido del propio aparato que controla permanentemente la llama, y en el caso de aparatos industriales por las purgas o barridos antes del encendido.

La estabilidad de la llama de un quemador de gas viene únicamente ligada a la proporción de gas mezclado con el aire, a la correspondiente velocidad de propagación de la llama y a la velocidad de salida del gas. Si la velocidad de salida es inferior a la de propagación se produce un retroceso de la llama hacia el interior del quemador y si es superior ocurre desprendimiento de la misma que generalmente trae consigo su extinción.

4.4. Rendimiento de la combustión

4.4.1.- Generalidades

Tres son las causas que influyen en el mayor o menor rendimiento de una combustión:

a) De la correcta combustión que depende de la forma y tamaño de las llamas.
b) Del exceso o defecto de aire respecto al teórico de la combustión.
c) De la mejor o peor transferencia de calor entre las llamas y los humos con las sustancias a calentar.

Dos son los diagramas que pueden ayudar al análisis del rendimiento de una combustión: el de combustión y el del calor perdido con los productos de la combustión.

4.4.2.- Diagrama de combustión

En el proceso de combustión de un gas los productos obtenidos son de naturaleza distinta según sean las proporciones relativas de aire y gas, de tal forma que teóricamente:

En la combustión completa sin exceso ni defecto de aire los productos de la combustión son: anhídrido carbónico, nitrógeno y vapor de agua.

- En la combustión incompleta por falta de aire los productos de la combustión son:
Anhídrido carbónico, Nitrógeno, vapor de agua y productos no quemados entre los que los principales son el monóxido de carbono y el metano.

Sin embargo, en los casos reales, incluso trabajando con un exceso de aire, la combustión no es perfecta y por tanto como resultado de una combustión en la práctica se encuentran a la vez todos los productos que se han indicado para los casos ideales anteriores.

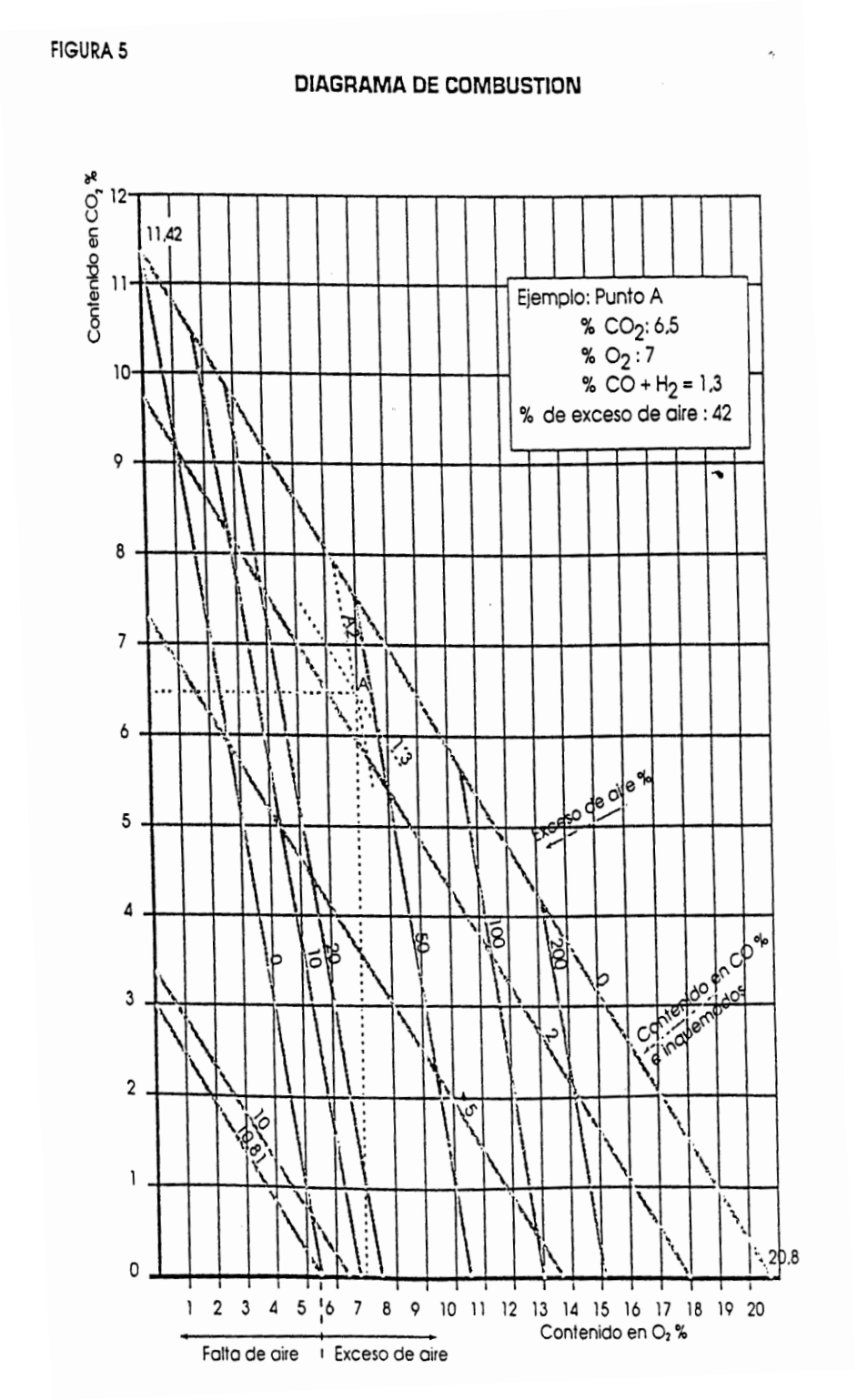
Para un gas de composición determinada, es posible representar la composición de los productos secos correspondientes a las diferentes posibilidades de combustión, esta gráfica se conoce con el nombre de Diagrama de Combustión de Ostwald.

En la figura 5, está representado el diagrama de combustión de un gas natural de una composición muy semejante a la del gas distribuido actualmente; la aplicación de este diagrama es que a partir de un análisis sencillo de los humos (C02 y 02) es posible deducir la proporción de no quemados y el tanto por ciento de exceso o defecto de aire. En el mismo diagrama se ha indicado, como ejemplo, un caso determinado,

4.4.3.- Calor perdido con los productos de la combustión

En el momento de su evacuación a la chimenea, los productos de la combustión contienen calor bajo la forma sensible, por su temperatura, y bajo la forma latente. Como no quemados o como vapor de agua. Dado que normalmente es difícil conseguir la condensación del vapor de agua y por tanto la recuperación de su calor latente no se tiene que tener en cuenta en el análisis de los rendimientos la potencia calorífica superior del gas, sino la inferior.

Para un gas determinado se puede representar en forma de diagrama el contenido calorífico (sensible y latente) de los productos de la combustión expresado en tanto por ciento de la potencia calorífica inferior del gas considerado a partir del tanto por ciento de exceso o defecto de aire y de la temperatura de los humos.



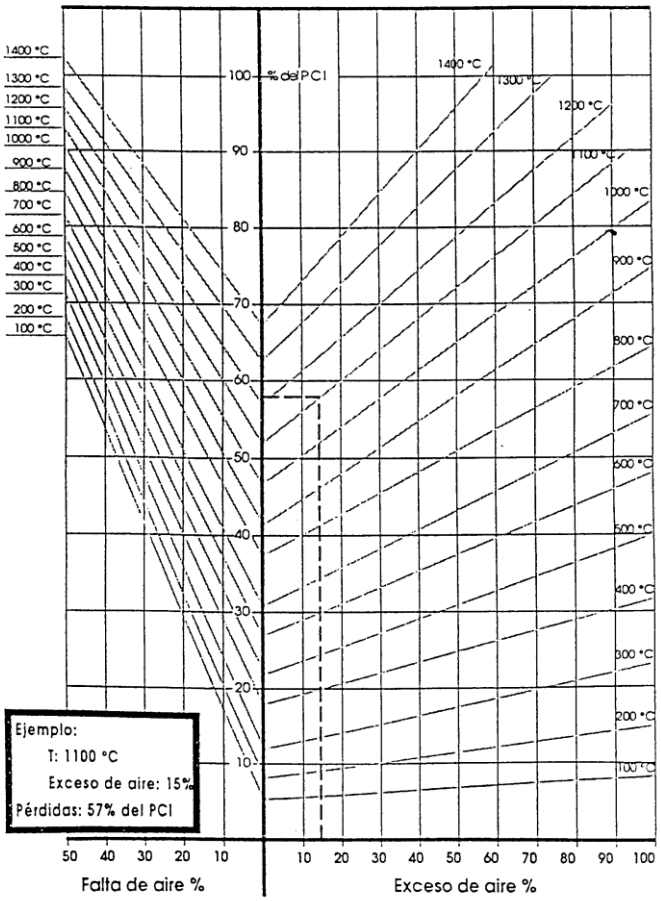
La figura 6, corresponde a esta gráfica para un gas natural de una potencia calorífica inferior muy parecido a la del gas distribuido por Gas Natural, en ella se indica un ejemplo, según el cual con una temperatura de los humos de 1.100ºC y un exceso de aire del 15% las pérdidas del calor con los humos representan el 61% de la potencia calorífica inferior del gas.

4.4.4.- Otras causas que influyen en el rendimiento

Otras muchas circunstancias pueden intervenir en el rendimiento de la combustión. Entre estas cabe citar la relación volumétrica entre las llamas y el hogar; la recuperación del calor sensible de los humos; las posibles incrustaciones; los ritmos de demanda de calor, etc. Estas circunstancias se pueden también extrapolar a los consumos domésticos, así por ejemplo: emplear el fuego adecuado al tamaño de la olla, evitar que las llamas salgan por los costados del recipiente o qué éste esté excesivamente cerco del luego, cocinar con los recipientes tapados y aún mejor toparías con otro recipiente en el que se realice otra operación.

FIGURA 6

CALOR PERDIDO EN LOS PROCESOS DE LA COMBUSTION



ACTUACIONES DE EMERGENCIA

1.- RIESGOS DE LOS GASES COMBUSTIBLES

Mientras el gas se encuentra encerrado en las tuberías no presenta ningún riesgo, los riesgos aparecen cuando el gas se escapa mezclándose con el aire, o bien si el aire ha podido entrar en las tuberías mezclándose con el gas, aparte, lógicamente, de los riesgos derivados de la mala ventilación de los

humos o de una combustión incorrecta. Los posibles riesgos pueden resumirse en los siguientes:

Falta de presión de gas.- Todas las tuberías de gas deben mantenerse permanentemente presurizadas, como garantía de que no puede penetrar en ellas aire; por esta causa deben tomarse precauciones en la maniobra de válvulas de la red que solamente debe realizarse por personal conocedor de la red.

No es conveniente dejar durante largo tiempo tramos de tuberías aislados, es preferible que queden conectados con la alimentación de gas o sea a presión, pues puede ocurrir que debido a las variaciones de temperatura y a través de poros, pérdidas en bridas, etc., en algún momento el gas fluya al exterior y en otros entre aire. Por esta misma causa siempre será conveniente al reanudar el servicio después de cualquier paro prolongado (reparación) de una instalación receptora (tanto industrial como doméstica) purgar el gas de las tuberías, con más razón si ha sido preciso cambiar algún tramo de tubería, esta operación se realiza siempre en los trabajos sobre las redes de Gas Natural BAN

•Toxicidad.- El gas natural, así como el butano, no es tóxico; sin embargo si la combustión de estos gases se efectúa con defecto de oxigeno por una falta de ventilación adecuada, a bien por una combustión Imperfecta, aparecerá en los humas, al igual que puede ocurrir en estas circunstancias con cualquier otro combustible. El monóxido de carbono, el cual en muy pequeña proporción en el aire (más del 0.02%) puede producir intoxicaciones graves.

La combustión incorrecta, en el caso de los gases, se puede producir por diversas causas.

a) Mala regulación del artefacto
b) Funcionamiento en un local mal ventilado
c) Llegada de aire de combustión mezclado con los humos de otro artefacto, por ello deben instalarse los calefones o termotanques como mínimo a 50 cm. de las cocinas.
d) Un enfriamiento brusco de la llama, por ejemplo llamas demasiado largas en un calefón, termo tanque o caldera, quemando en contacto con las partes frías.
e) En la mayoría de los incendios se forma monóxido de carbono. No debe confundirse el monóxido de carbono, que no tiene olor ni se ve y por lo tanto es muy traicionero, con los humos molestos e irritantes que pueden desprenderse en un incendio; un ejemplo puede aclarar esta afirmación, los humos negros que desprende un camión con motor diesel son muy molestos y malolientes pero son menos tóxicos que los incoloros que desprende un motor a nafta de un automóvil, pues éstos contienen más monóxido de carbono que los primeros.

El monóxido de carbono se combina muy fuertemente con la hemoglobina de la sangre, bloqueándola e impidiendo su actuación como transportadora de oxígeno.

Ante un intoxicado por monóxido de carbono se debe:

- Sacarlo de la atmósfera tóxica.
- Aflojarle las ropas sin desabrigarlo.

- Si no respira iniciar de inmediato el boca a boca (no esperar a disponer de un resucitador u otro aparato, se puede intercalar un pañuelo).
- Si no tiene pulso iniciar rápidamente, además, el masaje cardíaco.
- No cesar en boca a boca y el masaje hasta la recuperación del lesionado o hasta que un médico indique lo contrario.
- Cuando respire por sí solo le será conveniente respirar una atmósfera sobre oxigenada.
- En los casos graves puede ser precisa una transfusión.

• **Asfixia.-** El único gas apto para la respiración es el oxígeno del aire, donde se encuentra en una proporción del 21% y cualquier otro gas, aunque no sea tóxico que se mezcle con el aire, diluyendo su contenido en oxígeno, puede producir trastornos, llegando a la muerte por asfixia.

El gas que diluya el aire puede ser el gas natural, el butano o los humos de una combustión correcta (si la combustión es incorrecta puede producirse a la vez asfixia e intoxicación). Si en el aire se mezcla un 20% de cualquiera de los gases indicados, el contenido de oxígeno descenderá al 16% y se producirán trastornos más o menos graves según la salud de la persona o el ejercicio que esté realizando. Si se llega al 40% de gas, el oxígeno habrá descendido al 12% y éste es un límite mortal.

Ante un asfixiado se deben adoptar las mismas indicaciones que para un intoxicado por monóxido de carbono, con la única diferencia que la recuperación no necesitará más asistencia en el momento que respire por si mismo en un ambiente de aire puro.

• **Incendio.-** El gas que puede salir por una fuga se diluye con el aire circundante y podrá encenderse en presencia de un punto de ignición, siempre que la velocidad de circulación de la mezcla sea inferior a la velocidad de la propagación de la llama para dicha mezcla.

Lo anterior explica por qué es más fácil que se encienda una fuga de una tubería de baja presión que en una tubería de alta presión y en el caso de encenderse esta última porque la llama se mantiene a una cierta distancia del orificio de salida.

• **Deflagración.-** Si en un recinto cerrado se produce una mezcla gas-aire, con una composición comprendida dentro de los límites de inflamabilidad y si en su seno se produce un punto de ignición, toda la mezcla deflagrará de una forma rápida con los consiguientes efectos de presión y de calor.

. Efectos de la presión: Cualquier tipo de gas saliendo a presión e incidiendo sobre la piel, especialmente si existe alguna pequeña herida o erosión puede introducirse en el cuerpo introducirse en el cuerpo creando inflamaciones y hematomas de largas duración.

2. - EMERGENCIAS

2.1. GENERALIDADES

Las actuaciones de emergencia pueden ser necesarias como consecuencia de hechos acaecidos en las instalaciones propias (redes de alta, media o baja

presión, derivaciones, cámaras o recintos de válvulas y estaciones de regulación) o bien en las de nuestros abonados (cañerías, medidor y artefactos domésticos), a pesar de que la responsabilidad de la Empresa acaba en la válvula de corte del medidor. En algunos casos especiales se deben efectuar actuaciones de emergencia en lugares o por hechos que no están directamente relacionados con el gas.
En las actuaciones en general cabe distinguir tres tipos, a saber:
- Trabajos "programados", que, como su nombre indica. Se resuelven en un orden correlativo y según las posibilidades operativas.
- Trabajos "urgentes", que corresponden a la resolución de anomalías que no significan un riesgo inmediato, pero que deben resolverse con preferencia a los programados.
- Las "emergencias", que son los trabajos que mientras no se resuelvan, de forma provisional o definitiva, o mientras no se demuestre lo contrario, significarán o pueden significar un riesgo.
A continuación se indicarán de forma general los diferentes tipos de emergencias que se pueden presentar en la distribución de gas, así como las actuaciones por parte de Gas Natural BAN y de los Servicios de Extinción de Incendios y Salvamento. Las emergencias pueden subdividirse en dos grandes grupos, a saber: las relacionadas con falta de gas y las originadas por fugas de gas, que en el ámbito de trabajo reciben las denominaciones de "sin gas" y "olor a gas".

El contenido de los próximos capítulos es un resumen del plan de Emergencia de Distribución de Gas Natural BAN y de las correspondientes Bases de Actuación y Normas de Mantenimiento de Red.

2.2 "Sin gas"

Las actuaciones para resolver la falta de gas de los abonados se consideran trabajos urgentes, pero no de emergencia, salvo qué la avería corresponda a un hospital, asilo o escuela, o bien qué la ausencia de fluido sea general en un sector o barrio en cuyo casos, pasará a ser de resolución inmediata, o incluso de actuación de emergencia.
Si la presión ha descendido mucho, se deberá tomar toda una serie de precauciones antes de reanudar el servicio que se incluyen dentro de las actuaciones de emergencia. Esta falta de gas grave puede provenir del cierre incontrolado de una válvula de la red, o bien de la rotura de una tubería.

2.3 "Olor a gas"

2.3.1. Generalidades

En las reclamaciones por "olor a gas" se acude rápidamente, para constatar si realmente se trata de una fuga de gas o bien de algún otro producto cuyo olor haya sugerido al comunicante que era debido al gas. Lógicamente los métodos de actuación son diferentes en el caso de tener que actuar en las redes, o bien en edificios, pero en todo caso se consideran como actuaciones de emergencia.

2.3.2.- Fugas en las redes

Lógicamente no vamos a tratar aquí las fugas detectadas en los re-seguimientos periódicos, sino las desconocidas que aparecen en un momento dado y que se pueden agrupar en tres tipos diferentes:

- Las provocadas por trabajos de otras empresas: como es normal lo fuga está localizada, y en muchos casos existe personal y maquinaria de obra civil que puede preparar el terreno para realizar no solamente una reparación provisional, sino incluso la definitiva.
- Fugas que tienen lugar en zonas de trabajo propias o de contratista. Lógicamente es una fuga localizada prácticamente para poder realizar la reparación provisional o definitiva.

Las tuberías de polietileno presentan la ventaja de poder anular fácilmente el paso de gas, mediante un pinzamiento de éstas mediante un equipo especial.

La necesidad de efectuar obra civil está prevista en el plan de actuación de Gas Natural, ya que el personal necesario está disponible, tanto durante la jornada laboral como fuera de ella, estableciéndose en este caso un servicio de retén, con personal perfectamente localizable y en disposición de acudir al lugar necesario en un tiempo mínimo; el vehículo usado por este personal está provisto de una emisora que permite el enlace permanente con el centro de atención de Urgencias.

Una fuga de gas en la red, o sea al aire libre, en general no presenta un riesgo muy importante, sin embargo, si el gas procedente de la fuga logra infiltrarse en recintos cerrados tales como alcantarillado, zonas con cableado telefónico o semáforos, edificios próximos, etc., crearía sin duda un riesgo de deflagración, de ahí que en el caso de una fuga de la red, mientras no se pueda localizar la fuga y abrir zanjas a través de las cuales pueda fluir el gas al exterior, será conveniente, en función de las características y caudal de la fuga:

- Levantar las tapas de cloacas y registros de servicio para evitar la posible acumulación de gas.
- Verificar que el gas no penetra en los edificios próximos, especialmente vigilar los desagües.
- Acordonar la zona si procede, de acuerdo con la intensidad del escape.
- Parar el servicio de los semáforos.
- Situar, a modo de pantalla, una plancha, tablero, etc., de forma que se dirija el gas en dirección contraria a los edificios.

Ante el riesgo de que una fuga de gas se inflame, debemos tener en cuenta las siguientes premisas

- El gas natural es mucho menos denso que el aire, por lo tanto a partir de la fuga se elevará rápidamente en la atmósfera diluyéndose con el aire.

- Para que la nube gas-aire se inflame precisa que se produzca un punto de ignición en alguna zona de la nube, cuya composición esté comprendida dentro del dominio de inflamabilidad, o sea entre 4.7% y 13.7%.

La odorización del gas es tal que ya se percibe su olor por una persona normal. Cuando se llega a 1% en el aire, o sea que no es preciso tomar medidas especiales, como puede ser el corte de la circulación, si no se

percibe el olor del gas en el límite de la zona de circulación, teniendo en cuenta, como es lógico, la dirección del viento.
Lógicamente, en la zona en la que la que se perciba el olor a gas no debe permitirse fumar, encender cualquier tipo de fuego, o poner en marcha motores de combustión interna.

- Una fuga de gas en una tubería de alta presión origina un ruido alarmante, sin embargo la probabilidad de encenderse es menor que en el caso de tuberías de baja presión, ahora bien, una vez encendida originará una llama mucho mayor y por lo tanto creará dificultades de aproximación y extinción.
- El riesgo de inflamación del gas en una fuga de alta presión aumenta cuando baja la presión, por la maniobra autorizada de válvulas, o sea cuando el ruido disminuye y aparentemente se esta más seguro.
- Normalmente los trabajos iniciales para corregir una fuga Importante se efectúan lejos de la misma con lo cual se puede dar la sensación de que no se está haciendo nada.
- En tuberías de alta presión aunque se hayan cerrado válvulas el gas acumulado en su interior tarda bastante tiempo en eliminarse.

SI una fuga de gas se enciende, deben tenerse en cuenta las circunstancias siguientes:

- Si la fuga es muy pequeña se puede apagar fácilmente con un extintor de CO2 o de polvo, aunque el polvo presente después inconvenientes a la hora de efectuar la corrección provisional de la fuga. Siempre es conveniente refrigerar con agua, pues puede reencenderse con mucha facilidad. El producto extintor debe lanzarse, no ya a la base de las llamas sino al punto por el que sale el gas, de forma que se mezcle con el mismo. Una vez apagado no acercarse de inmediato al punto de la fuga en previsión de un reencendido intempestivo.
- Si una fuga es de una cierta importancia y las llamas no originan un nuevo riesgo, puede ser preferible dejar que arda el gas, hasta poder cortar el paso del fluido, pues de esta forma se tiene la seguridad que la nube de gas no penetra en ningún recinto cerrado, donde puede crear otro riesgo mayor.
- Cuando sea preciso apagar una fuga de gas de una tubería de baja presión que se haya encendido, se apagará automáticamente en el momento que se pueda cubrir con algo más de 20 cm. de agua, aunque esto tiene el riesgo de llenar la canalización de agua y barro. En principio la espuma no es opta para apagar un fuego de gas aunque puede ayudar al empleo de otros medios de extinción.

Si la fuga se presenta en cualquiera de los recintos cerrados que forman parte de las instalaciones de la red (cámara o recinto de válvulas, cámaras reguladoras. etc.) y a pesar de que los mismos están provistos de elementos de ventilación, procederemos a una aireación mayor de los recintos mediante el levantamiento de las tapas de acceso o visita, paralelamente se acordonará la zona si la envergadura del escape lo requiere. En estos casos la fuga se habrá podido originar por un defecto de la unión mecánica de algunos de los elementos, tales como uniones roscadas o como máximo por rotura de alguna de las membranas de un regulador. La anulación de escape requerirá el cierre de las válvulas que en

algunos casos están fuera del mismo y por lo tanto serán de fácil actuación, si no fuera así y sea necesario penetrar en el recinto, el operario nunca actuará en solitario e irá provisto de equipo respiratorio y sujeto convenientemente por si fuera necesario su rescate desde el exterior; estas operaciones las realizará siempre personal de Gas Natural BAN.

2.3.3.- Fugas en edificios

El gas natural no es tóxico pero mezclado con el aire diluye el oxígeno del mismo pudiendo causar la asfixia o como mínimo molestias más o menos graves, cuando exista en el aire más del 20% de gas; por lo tanto siempre será conveniente el empleo de un equipo respiratorio si no se conoce cuánto gas puede haber en un local; además puede darse el caso que el aviso venga derivado de una intoxicación por mala combustión o falta de evacuación de los humos de la combustión en cuyo caso es posible que exista monóxido de carbono, razón de más para protegerse mientras no se haya podido ventilar el local.

En algún caso puede detectarse el olor a gas, en el Interior de un edificio, debido a una fuga de la red que se canalizo a través de alcantarillas, o cañerías de otros servicios, por encontrar el gas un camino más fácil por ellos que a través del pavimento de la calle, en esta circunstancia la única actuación posible es airear los locales, evitar los puntos de posible ignición y esperar que se realicen los adecuados trabajos de localización de la fuga para su anulación y reparación.
Para cortar el paso de gas a un local, edificio o vivienda, existen las siguientes válvulas:

- Válvula de servicio, enterrada y de acceso fuera de la vivienda.

- Válvula del medidor a la entrada de cada medidor.

Si la fuga se detecta en un domicilio cerrado y especialmente se prevé que hay personas en el interior, los operarios de Gas Natural proceden por un lado al aviso a la policía para poder entrar en la vivienda y por otro al cierre de la válvula del medidor. Esta misma actuación es correcta tanto si la realiza nuestro personal como cualquier otra persona, pero siempre debe tenerse muy en cuenta que EN NINGUN CASO Y BAJO NINGUN CONCEPTO DEBE VOLVERSE A ABRIR una válvula que se haya cerrado, ya que previamente se han de efectuar las pruebas de estanquidad preceptivas de las instalaciones, verificando que puede reabrirse sin riesgos, todo lo cual debe ser realizado por personal de Gas Natural BAN.
En el caso de que en el interior de la vivienda existiera alguna persona con síntomas de asfixia o de intoxicación por gases mal quemados se deberán tener en cuenta las instrucciones indicadas en el apartado I.
Si en un local únicamente se detecta olor a gas y no se prevé ningún tipo de riesgo importante bastará con airear la zona en la que se nota el olor, evitar los puntos de ignición y cerrar la válvula de bloqueo del medidor.
En el caso de que se haya producido una deflagración o que la fuga se haya encendido, aparte de los trabajos de salvamento o extinción se

tomarán las mismas medidas que en los casos anteriores para cortar la entrada de gas.

3.- ORGANIZACION PARA LA ATENCION DE EMERGENCIAS

La primera fase organizativa para la atención de emergencias consiste en la recepción de la información, en la cual, así como en la resolución de las emergencias, tienen una actuación destacada los dos centros de control permanente existentes en Gas Natural para el servicio de toda su área de influencia; estos están unidos entre sí y con el exterior a través de diversas líneas telefónicas mediante un sistema de radio enlaces, pudiendo acceder a ellos a través de los siguientes teléfonos:

- Localidad: ……. ……
- Centro de Atención de Urgencias (CAU) 0810 888 1137
- Emergencias (Público) 011 4754 - 1137

Como medio de comunicación directa de Bomberos, Policía, Defensa Civil y Enargas, se disponen los siguientes Nros.: 4754-1067 y 4754-1981, que también es número de fax.

- Despacho ……..
  Servicio Tel. 4724-7110/7111. Fax. 4754-2525

La atención de las emergencias de Gas Natural BAN está encomendada esencialmente a los “Equipos de intervención”, los cuales están dotados de los medios humanos y materiales para atender cualquier anomalía que surja en las diferentes áreas de distribución de la compañía.

El CAU dispone de Equipos de Intervención constituidos de la siguiente manera:

- Un responsable de la unidad que dirige, controla y supervisa la actuación de la misma.
- Un centro de control permanente durante las 24 horas y todos los días del año con personal de guardia. –
- Ocho grupos operativos formados por dos hombres cada uno, con vehículos provistos de radio-enlace con el CAU, así como de las herramientas y materiales imprescindibles para una actuación de emergencia. -

4.- RIESGOS DOMESTICOS -

Aunque parezca mentira existen más riesgos en el empleo doméstico del gas que en el industrial, a pesar de las diferencias de caudal, ya que:

- En ocasiones las Instalaciones se modifican por personas no técnicas, o bien se realizan reformas en las viviendas sin tener en cuenta las instalaciones de gas de tal forma que éstas pasan a ser inseguras.
- Es corriente la mala ventilación de los locales en los que se emplea gas, bien por no existir los orificios reglamentarios, o por haberlos tapado.
- Con el tiempo los artefactos domésticos envejecen o se ensucian, con lo cual la combustión es incorrecta, las seguridades de encendido fallan y

casi nunca se realiza un mantenimiento adecuado para dichos artefactos.
- Los fuegos de la cocina pueden apagarse por corrientes de aire o por rebalse de los líquidos de ebullición quedando el gas abierto.
- Los niños acostumbran a ser muy curiosos e intentan imitar a los mayores en el manejo de los mandos de los artefactos, con lo que éstos pueden quedar abiertos.
- Puede ocurrir que se empleen las tuberías de gas para colgar objetos con peligro de dañarlas y producir fugas.

SEGURIDAD EN LA UTILIZACION DEL GAS

1- PRESENTACION

El gas natural ofrece indudables ventajas como fuente de calor, tanto en la industria como en el hogar, al tiempo que es un combustible muy seguro. Sin embargo, como toda forma de energía, el gas debe tratarse adecuadamente para evitar la liberación incontrolada de dicha energía.
Para conseguir que el gas sea cada vez más práctico y seguro, aúnan sus esfuerzos los fabricantes de artefactos, los instaladores matriculados y Gas Natural BAN, sin embargo el usuario también tiene un papel importante en esta tarea.

2.- CONSEJOS PRACTICOS DE SEGURIDAD

2.1. Generalidades

Las instalaciones de cualquier cliente empiezan en la válvula de bloqueo llave del medidor, o bien en la llave de vivienda cuando el medidor está ubicado en el interior de la misma. Se puede considerar que están constituidas por tres partes diferenciadas, a saber:
- Las tuberías y sus accesorios
- Los aparatos de utilización
- Los locales donde están Instalados

Y sobre estas partes se puede actuar de tres formas diferentes, a saber: en el momento de su instalación, montaje o puesta en marcha, durante el uso normal y en los trabajos de mantenimiento.
Tan importante como la correcta elección de los aparatos a gas, es el conocimiento que se tenga de los mismos, para lo cual ayudará el folleto de instrucciones que obligatoriamente debe entregar el vendedor del aparato.

2.2. Qué se debe hacer si se siente olor a gas

Antes de ser distribuido en la red, se añade al gas natural un odorlzante que permite identificar cualquier fuga de gas por su olor.
Si a pesar de haber seguido las normas de instalación, utilización y mantenimiento que se han indicado precedentemente, se nota olor a gas (olor desagradable, característico, debido al Mercaptano que se adiciona al gas), ello significará que existe una fuga y se deberá actuar de la siguiente forma:

- Ventilar al máximo el local o los locales, abriendo puertas y ventanas.
- No encender fósforos o encendedores, no manipular interruptores eléctricos (tanto para conectar como para desconectar), no pulsar timbres y en general evitar cualquier tipo de chispa (ver figura 7)
- Cerrar la llave general de gas de la vivienda.
- Revisar las instalaciones, tuberías, flexibles, aparatos, etc., para descubrir cualquier anomalía y si es preciso avisar al instalador matriculado.
- Nunca se debe intentar localizar una fuga de gas con una llama, emplear para ello agua jabonosa.
- Si a pesar de estas medidas se continúa notando el olor a gas, o bien el olor proviene de la calle, de un patio, del hueco de la escalera o de los desagües, no dudar en avisar de inmediato y directamente al centro de atención de urgencias de Gas Natural BAN. En el interín evitar las posibles chispas en la zona en que se ha detectado el olor a gas (timbres, ascensor, motores de combustión Interna, etc.)
- En el caso que por error o por cualquier otra circunstancia se cierre la llave del medidor o la del abonado de otro local del inmueble, no se deberá volver a abrir dicha llave hasta que el cliente afectado SE HALLE PRESENTE y previa comprobación de que sus llaves están cerradas y los flexibles bien sujetos, responsabilizándose por tanto, de su reapertura. Si la llave que se ha accionado es la de acometida del edificio, será la compañía suministradora quien deberá, previas las comprobaciones pertinentes, abrir dicha llave.

Los Teléfonos de GAS Natural BAN, a los se debe comunicar cualquier aviso de olor a gas, son:

Localidad: ……..

Centro de Atención de Urgencias 011- 4754-1137

Línea gratuita sin cargo 0810 888 1137

Estos teléfonos están en servicio las 24 hs., los 365 días del año.

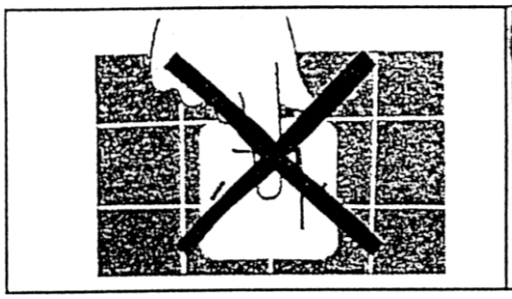


FIGURA 7

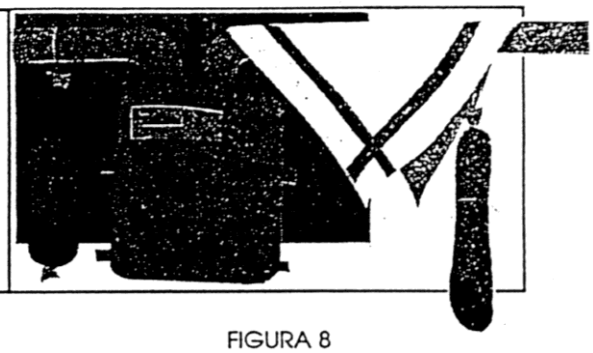


FIGURA 8

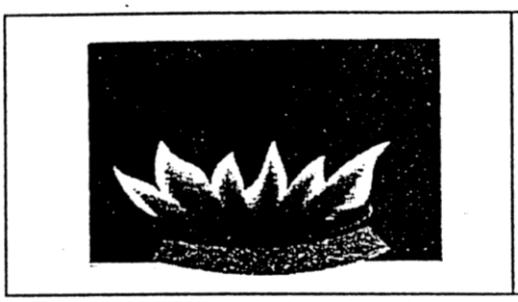


FIGURA 9

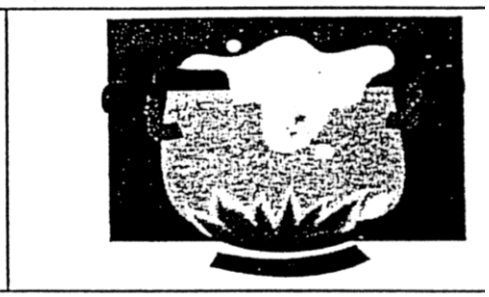


FIGURA 10

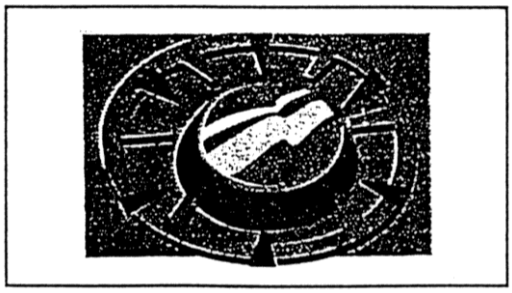


FIGURA 11

2.3. Tuberías y accesorios

2.3.1. Montaje

- Cualquier nueva instalación de gas o modificación de la existente ha de realizarla un instalador matriculado.
- El instalador matriculado entregará al usuario el correspondiente certificado conforme la instalación sea correcta y cumpla con las disposiciones vigentes.
- Los trabajos sobre las instalaciones de gas no deben ser realizados por aficionados, por lo tanto, aunque la utilización de un experto pueda ser más cara, la seguridad conseguida bien lo vale.

2.3.2. Funcionamiento

- Es imprescindible que todo cliente conozca la situación de las válvulas y llaves de corte existentes en su instalación (del medidor y de los aparatos).
- Las válvulas de gas están cerradas cuando la palanca de la misma queda situada transversalmente respecto a la cañería.
- Es recomendable que por las noches, o siempre que se deba abandonar la vivienda por un tiempo más o menos largo, se cierre la llave general de la vivienda y previamente, como es lógico, las de los aparatos.
- Antes de abrir de nuevo la llave general asegurarse de que las llaves de todos los aparatos están cerradas.
- Si por error se cierra la llave de otro vecino del Inmueble, se actuará como se indica en el párrafo 2.2.
- Las instalaciones de gas no se deben emplear para usos diferentes a los previstos, así por ejemplo no se emplearán como soportes de otros objetos, tales como alambres para tender la ropa, etc., tampoco se utilizarán las cañerías de gas como tomas de tierra de aparatos eléctricos (ver figura 8)

2.3.3. Mantenimiento

- Si cualquier válvula se agarrota y no gira adecuadamente, no debe forzarse, deberá solicitarse la colaboración de un instalador matriculado para que la engrase adecuadamente.
- El acceso a las válvulas de bloqueo debe quedar expedito en todo momento no obstaculizándolo mediante muebles, etc.

2.4. Combustión

Los gases combustibles se clasifican por sus diferentes características físico-químicas, en dos grupos que reciben el nombre de “familias”

La primera familia incluye los gases naturales y la segunda los G.L.P., entre ellos, como más extendidos, el propano y el butano. Los artefactos domésticos previstos para una familia determinada no funcionan correctamente con el gas de otra familia e incluso puede resultar peligroso su empleo.

La aplicación principal del gas es la producción de energía calorífica por combustión del mismo. La forma y color de la llama puede dar información sobre la buena o mala combustión, y por lo tanto sobre la posible emisión de humos tóxicos, así como sobre el rendimiento económico de la utilización del gas.

Las llamas correctas deben ser estables, prácticamente sin producir ruido y tener un color azul algo oscuro en el núcleo, rodeado de un azul claro y luminoso, más exteriormente dispone de un halo poco luminoso de color azul un poco violáceo.

Los principales defectos que pueden presentar las llamas de gas son los siguientes:

- **Tendencia al retomo de la llama.** La llama disminuye de tamaño y se hace ruidosa, llegando a apagarse, o lo que es peor, a que la combustión se desplace al interior del quemador, lo cual puede provocar

accidentes por el hecho de calentar elementos de cocina que no están previstos que adquieran temperatura, así como intoxicaciones por mala combustión. Este fenómeno que se conoce como retorno de la llama se produce cuando la mezcla gas-aire es pobre en gas debido a obturaciones, o bien a una mala posición de la tapa del quemador, o sea en general, a un defecto de regulación. Este defecto se puede producir más fácilmente con pequeños consumos del quemador.

- **Tendencia al desprendimiento de la llama.** La llama pierde consistencia y tiende a separarse de los orificios del quemador con el consiguiente riesgo de apagarse por completo, con salida de gas sin quemar. Esto puede ser provocado por una mezcla excesivamente rica en aire, o bien por el ensuciamiento de la tapa del quemador que provoca el consiguiente defecto de regulación. Este se produce más fácilmente con los consumos máximos del quemador.

- **Llama ondulante con puntas amarillas.** Esto puede ser debido a un exceso de gas o una falta de aire. El rendimiento calorífico disminuye, el fondo de los recipientes de cocción se ensucia ennegreciéndose y se produce, como producto de la combustión incompleta, monóxido de carbono, que es tóxico. Todo ello indica que el artefacto precisa una revisión.

- Toda la llama toma coloraciones amarillas o verdes más o menos uniformes, ello se debe normalmente a que el quemador está sucio. También pueden producirse en el seno de la llama puntos luminosos amarillos o rojizos, como estrellas, ello si es momentáneo no tiene importancia y puede provenir de la llegada al quemador de partículas de polvo.

CLASIFICACION DE RIESGOS

La Guía de Respuesta en caso de Emergencia, en su clasificación de riesgos, incluye a los gases en la Clase 2, con 4 sub-divisiones. Las placas de identificación para el transporte, deben llevar el Nº 2 en su parte inferior. Los números que acompañan las placas identifican las Guías de Respuesta a utilizar en caso de que no se pueda identificar específicamente el producto.

CLASE 2 - GASES.

División 2.2	**Gases Comprimidos–No Inflamables–No Tóxicos**
División 2.3	**Gases Tóxicos por Inhalación**
División 2.4	**Gases Corrosivos (Canadá)**

CODIGOS DE RIESGO DEL MERCOSUR

En nuestro País, la normativa de transporte de mercaderías peligrosas está regulada por la Secretaría de Obras Públicas y Transporte, que en su Resolución 195/97, establece la incorporación al reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera aprobado por el Decreto Nº 779 del 20 de noviembre de 1995, de Normas Técnicas para el Transporte Terrestre de Mercancías Peligrosas, en el ámbito del Mercado Común del Sur (MERCOSUR).

La Resolución 195/97 incorpora a la señal de identificación el denominado "CODIGO DE RIESGO" el cual se compone de 2 o 3 dígitos e indica el tipo de intensidad del riesgo. La importancia se consigna de izquierda a derecha.

RIESGODE LA SUSTANCIA

286

1005

NUMERO DE LAS NACIONES UNIDAS

NUMERO	TIPO DE RIESGO
2	Emisión de gases debido a la presión o reacción química.
3	Inflamabilidad de líquidos (vapores) y gases o líquidos que experimentan calentamiento espontáneo.
4	Inflamabilidad de sólidos o sólidos que experimentan calentamiento espontáneo.
5	Efecto oxidante (comburente).
6	Toxicidad.
7	Radiactividad.
8	Corrosividad.
9	Riesgo de reacción violenta espontánea.
X	La sustancia reacciona violentamente con el agua (se coloca como prefijo).

CODIGOS DE RIESGO PARA LOS GASES	
20	**Gas inerte.**
22	**Gas refrigerado.**
223	**Gas refrigerado inflamable.**
225	**Gas refrigerado oxidante.**
23	**Gas inflamable.**
236	**Gas inflamable, tóxico.**
239	**Gas inflamable, que puede espontáneamente provocar una reacción violenta.**
25	**Gas oxidante (comburente).**
26	**Gas tóxico.**
265	**Gas tóxico, oxidante (comburente).**
266	**Gas muy tóxico.**
268	**Gas tóxico, corrosivo.**
286	**Gas corrosivo, tóxico.**

CARACTERISTICAS DE LOS GASES

El término gas, describe el estado físico de una materia que no tiene forma ni volumen propios, sino que se adapta a la forma del recipiente que lo contiene y ocupa su volumen completo. Los tres estados de la materia, sólido, líquido y gaseoso, se pueden describir de la siguiente manera:

- **Sólido** es un cuerpo que tiene volumen y forma propios.
- **Líquido** es una sustancia que tiene volumen propio, carece de forma, y se adapta a la del recipiente que lo contiene.
- **Gas** es una sustancia que no tiene forma y volumen propios, se adapta a la forma del recipiente que lo contiene y ocupa su volumen completo.

Los gases están compuestos de partículas extremadamente diminutas en movimiento constante, dicho movimiento, afecta a las propiedades y comportamiento de los gases. Este movimiento molecular depende de la energía del gas, cuanto mayor es su energía, mayor es el movimiento. A mayor temperatura, mayor es la energía térmica del gas y mayor el movimiento de sus moléculas. Las partículas gaseosas colisionan unas con otras de forma totalmente elástica, es decir, sin pérdida de energía. Esto nos lleva a una de las propiedades de los gases: **la presión**. Todas las sustancias pueden alcanzar el estado gaseoso en determinadas condiciones de presión y temperatura. Por esto, sólo se consideran gases aquellas sustancias que se encuentran en estado gaseoso en condiciones normales: a presión de 1 atm. = 1 Kg. = 1 bar, a una temperatura de 21º C.

La densidad del gas tiene gran importancia para la seguridad. Un gas mas pesado que el aire fluye hacia abajo, y puede acumularse en zonas bajas, donde puede desplazar el aire, esto produce riesgos de asfixia, además de riesgo de explosión.

Si hay un escape de gas combustible al aire circundante, puede formarse una mezcla inflamable, pero no todas las mezclas combustible-aire pueden entrar en ignición; existe un **límite mínimo y un límite máximo**. Las comprendidas dentro de esos límites son inflamables y pueden ser explosivas. El límite inferior de inflamabilidad es aproximadamente el mismo para los gases combustibles; el límite superior varía enormemente.

Las Normas de la NFPA definen como líquido inflamable aquél que tiene una presión de vapor no superior a 275 kPa a 38ºC. A efectos comparativos, cualquier sustancia o mezcla que en estado líquido ejerza una presión de vapor mayor, puede ser considerada como gas.

Los gases están incluidos dentro de los llamados materiales peligrosos ya que conllevan riesgos específicos. El obligado transporte presurizado o refrigerado, implica el riesgo de que si se liberan de su contenedor por accidente, multiplican cientos de veces su volumen. A esto se agrega el riesgo de sus condiciones químicas: inflamabilidad, reactividad y/o toxicidad, y que por su condición de gas, se dispersan en la atmósfera y se hacen invisibles. El cálculo de la dispersión de la nube, según la velocidad del viento y las condiciones meteorológicas, da una idea aproximada de las zonas donde se encuentra el peligro, pero pueden haber errores. La medición de las concentraciones nos aseguran la ausencia de gas en los puntos de medición, pero las variaciones de unos pocos metros pueden ser muy grandes. Tenemos entonces, que el riesgo apara la población puede ser tan grande como la imposibilidad de su evacuación en los pocos minutos en los que se produce la dispersión. La intervención rápida de Bomberos puede minimizar considerablemente el siniestro. El rápido acceso a la base de datos, el conocimiento de la protección que ofrece el equipo de protección personal y de la posibilidad de exposiciones cortas, posibilitaran el salvamento con éxito de las personas afectadas. Para esto debemos prepararnos, primero en forma teórica conociendo los gases y sus características, luego realizando simulacros que permitan planificar las emergencias y hacerles frente con éxito. La manipulación efectiva de gran número y variedad de gases requiere que los mismos sean clasificados en base en ciertos denominadores comunes que reflejan sus propiedades químicas, físicas y usos primarios.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICAS.

Propiedades de importancia fundamental para la protección y lucha contra el fuego que afectan al comportamiento físico de los gases mientras permanecen en sus recipientes y cuando se liberan accidentalmente. Los gases, para su almacenamiento y transporte, han de estar contenidos en recipientes. Por economía, se busca que los recipientes tengan la mayor cantidad de gas posible. Esto se consigue almacenando el gas en el recipiente a una presión superior a la atmosférica. Cuando la presión supera un valor determinado, que depende del tipo de gas, el gas sé licúa. En la práctica, nos encontramos con recipientes que contienen gases comprimidos, licuados, criogénicos y gases disueltos.

Gases comprimidos: Gases almacenados a presión y que, a la temperatura atmosférica normal, se mantienen totalmente en estado gaseoso dentro de su recipiente. El contenedor de gas comprimido está limitado por el peso del gas que puede almacenar. Ejemplos: oxígeno, hidrógeno y gas natural. Cuando se llenan en cilindros, se comprimen a la presión requerida. Un cilindro de oxígeno con un volumen de 50 litros y una presión de gas de 200 bar a 15 ºC, da unos 10 mts^3 de gas a presión atmosférica. La presión depende de aquella a la que fue cargado inicialmente el recipiente y de la cantidad de gas que permanece dentro del mismo, aunque la temperatura del gas también tiene cierto efecto.

Gases licuados: Gases almacenados a presión y que, a la temperatura atmosférica normal, permanecen en estado parcialmente líquido dentro de su recipiente. A igualdad de volumen, el gas licuado supone una cantidad mucho mayor que el gas comprimido. Con la presurización del gas no se consigue la licuefacción total, sino que se obtiene una zona de gas licuado, (fase líquida) en la parte inferior del recipiente, y una zona de gas comprimido (fase gaseosa) en su parte superior. Las presiones de ambas fases están equilibradas. Cada vez que se abre la válvula del recipiente, sale el contenido de la fase gaseosa. Con esto disminuye la presión de la fase gaseosa, lo que provoca la gasificación de cierta cantidad de la fase líquida, hasta que las presiones vuelven a equilibrarse. Ejemplos de gases licuados son el propano y el propileno. Estos se condensan (pasan al estado líquido) bajo presión a temperatura ambiente. Se almacenan en cilindros bajo su propia presión de vapor. A temperatura ambiente, esto es una presión absoluta de aproximadamente 9 bar para el propano y de unos 10 bar para el propileno. Un volumen dado de propano líquido produce 250 veces ese volumen cuando se transforma en gas (5,2 mts^3). El cilindro contiene gas y líquido. Si aumenta la temperatura del gas, aumentará la presión de vapor y más gas pasará al estado líquido. A una temperatura suficientemente elevada, hay riesgo de explosión. Para impedir esto, el cilindro tiene una válvula de seguridad que libera suficientes cantidades de gas cuando aumenta la presión. La válvula de seguridad sólo puede funcionar correctamente si está en contacto con la fase gaseosa, es decir, el gas pasará por la válvula de seguridad siempre que se mantenga el cilindro de pie.

Gases criogénicos: Gas licuado que está dentro de su recipiente a una temperatura muy inferior a la temperatura atmosférica normal (-90ºC), generalmente algo superior a la de su punto de ebullición a la presión normal. La presión de almacenamiento del gas criogénico es ligeramente superior a la normal. La principal razón de diferencia con el gas licuado es que el criogénico no puede mantenerse indefinidamente en el recipiente debido a que éste (el recipiente) no puede impedir la penetración del calor de la atmósfera, que tiende a elevar continuamente la presión hasta un nivel que puede llegar a exceder la capacidad de resistencia de cualquier tipo de recipiente. Como ejemplos tenemos el oxígeno, el hidrógeno y el metano. Los líquidos criogénicos se transforman en grandes cantidades de gas cuando se evaporan. Un volumen de oxígeno en estado líquido se transforma en 860 volúmenes de gas a temperatura ambiente. Todos los gases criogénicos son sumamente fríos y pueden causar quemaduras por congelación al contacto con la piel.

TABLA 3-7A. ***Propiedades físicas de los gases criogénicos***
Datos recopilados del *Manual de Gases Comprimidos* (de la Asociación de Gases Comprimidos)

	Punto de ebullición normal								Condiciones normales 70 °F, 14,7 psi (21 °C, 101 kPa)		
	Temperatura		Densidad del líquido		Densidad del gas		Calor latente		Densidad del gas		
Gas	°F	°C	lb/pie³	kg/m³	lb/pie³	kg/m³	Btu/lb	kJ/kg	lb/pie³	kg/m³	Expansión
Aire	−317,8	−194,3	54,60	17,5	—	—	88,2	205,1	0,075	0,120	728
Argon	−302,6	−158,9	86,98	139,3	0,356	0,570	70,2	163,3	0,103	0,165	842
Etileno	−154,8	−103,7	35,40	56,7	0,130	0,208	208,0	483,8	0,072	0,115	487
Flúor	−306,6	−188,1	94,10	150,7	0,363	0,581	74,1	172,3	0,098	0,160	961
Helio	−452,1	−268,9	7,80	12,5	0,106	0,170	10,3	23,9	0,010	0,016	754
Hidrógeno	−423,0	−252,8	4,43	7,1	0,084	0,134	192,7	448,2	0,005	0,008	850
Metano	−258,7	−161,5	26,50	42,4	0,111	0,178	219,2	509,8	0,042	0,067	636
Monóxido de carbono	−312,7	−191,5	51,12	81,9	—	—	92,8	215,8	0,073	0,117	706
Nitrógeno	−320,4	−195,8	50,46	80,8	0,288	0,461	85,7	199,3	0,072	0,115	696
Oxígeno	−297,4	−183,0	71,27	114,2	0,296	0,474	91,7	213,3	0,083	0,133	861

Gases disueltos: Son gases que se almacenan a presión disueltos en un líquido (dióxido de carbono disuelto en agua, o acetileno disuelto en acetona). Cada vez que se abre la válvula disminuye la presión y el gas se separa de la dilución, saliendo del recipiente en forma gaseosa. El acetileno en estado gaseoso puede descomponerse a una presión alta o moderada, o ante un impacto. La descomposición origina gases calientes, que pueden provocar una explosión por sobrepresión o rotura del recipiente. Por tanto, la compresión del acetileno para su almacenamiento a presión, como el manejo de recipientes de acetileno comprimido, que pueden sufrir impactos, son operaciones, en principio, peligrosas. Estos peligros se evitan utilizando recipientes rellenos de una masa porosa embebida en acetona, en la que se disuelve el acetileno. De esta manera, cada celda o alvéolo de la masa contiene una cantidad de acetileno muy pequeña. Esto minimiza la posibilidad de descomposición del acetileno y limita su energía de descomposición.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS PROPIEDADES QUÍMICAS.

Las propiedades químicas de un gas son de gran importancia en la protección contra incendios, debido a su capacidad para reaccionar con otros materiales (o con él mismo), con la consiguiente producción de cantidades potencialmente peligrosas de calor o productos derivados de la reacción o de efectos psicológicos negativos.

Gases inflamables: Son los gases que pueden arder con las concentraciones normales de oxígeno en el aire. Suelen consistir en hidrocarburos o mezclas de hidrocarburos. **Ejemplos:**

Nombre	Fórmula	Punto de ebullición	Densidad	Relación con el aire
Hidrógeno	H_2	- 253 ºC	0.08 kg/ m^3	0.07
Metano	CH_4	- 162 ºC	0.67 kg/m^3	0.56
Acetileno	C_2H_2	- 82 ºC	1.09 kg/m^3	0.91
Propano	C_3H_8	-42 ºC	1.88 kg/m^3	1.55

Cualquier gas que pueda arder en concentraciones normales de oxígeno en el aire se considera inflamable. Arden en el aire igual que los vapores de los

líquidos inflamables; es decir, cualquier gas entrará en combustión sólo dentro de unos ciertos límites de la composición de la mezcla aire-gas **(límites de inflamabilidad o combustibilidad)** y a una cierta temperatura necesaria para iniciar la reacción **(temperatura de ignición)**. En algunos casos, la consideración de la amplitud de los límites de inflamabilidad o de la magnitud del LII, o de ambos, ha dado como resultado la clasificación de un gas claramente inflamable como no inflamable, porque la posibilidad de un incendio es pequeña en ciertas condiciones. El amoníaco anhídro es un ejemplo, ya que está clasificado como gas no inflamable para su transporte.

Aunque los vapores de líquidos inflamables y los gases inflamables muestran idénticas características de combustión, el término **punto de inflamación**, que describe una propiedad común y necesaria para la combustión de los líquidos inflamables, no tiene significado en lo que se refiere a los gases. El punto de inflamación es básicamente la temperatura a la que un líquido inflamable produce suficiente cantidad de vapor para que se produzca la combustión, temperatura que está siempre por debajo de su punto de ebullición normal, incluso cuando se encuentra en estado líquido (que es lo mas frecuente cuando se transporta o cuando está almacenado). Por lo tanto, un gas está a una temperatura que no solo supera su punto de inflamación, sino que está generalmente muy por encima.

Gases no inflamables: Son los gases que no arden, sea cual sea la concentración de oxígeno en el aire. Se distinguen dos tipos:

- ✓ **Gases oxidantes**, aunque no arden, mantienen la combustión, son comburentes (oxígeno o mezclas de oxígeno con otros gases). Contienen bastante mas oxígeno que el que está presente en el aire o de ciertos óxidos gaseosos.
- ✓ **Gases inertes**, no arden ni mantienen la combustión (nitrógeno, argón, helio, etc.). Sin embargo, hay algunos metales que pueden reaccionar vigorosamente en atmósferas de nitrógeno o de dióxido de carbono, como el magnesio.

Gases Reactivos: Gases que pueden reaccionar con otras sustancias, siguiendo un proceso químico distinto de la combustión. Puede tratarse de mezclas de gases que reaccionen entre ellos bajo ciertas condiciones de calor o impacto. Estas reacciones pueden desprender grandes cantidades de calor, o generar productos potencialmente peligrosos. Un ejemplo de gas altamente reactivo es el flúor, que reacciona prácticamente con todas las sustancias orgánicas e inorgánicas a temperaturas y presiones normales, generalmente con suficiente velocidad como para producir llama. Otro ejemplo es la reacción del cloro (clasificado como gas no inflamable) y el hidrógeno (gas inflamable), que pueden producir llama. Como la mayor parte de los gases pueden estar destinados a reaccionar químicamente con otras sustancias bajo ciertas condiciones, el término “gas reactivo” se emplea para distinguir los gases que reaccionan con otras materias o consigo mismo (produciendo cantidades de calor o productos de reacción potencialmente peligrosos), mediante una reacción distinta de la combustión y bajo condiciones ambientales de iniciación razonablemente previsibles (calor, impacto, etc.), acetileno, metil-acetileno, propano-dieno, cloruro de vinilo, etc. Estos gases se encuentran generalmente

en recipientes y mezclados con otras sustancias para su transporte y almacenamiento; a veces se conservan en recipientes especiales para estabilizarlos contra previsibles iniciadores de reacciones.

Gases Tóxicos: Son los gases que, liberados en la atmósfera, suponen un riesgo para la salud humana. Tienen efectos venenosos o irritantes y sus efectos se producen por inhalación o por contacto con la piel. La presencia de estos gases pueden complicar los trabajos de extinción (cloro, sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, amoníaco y monóxido de carbono, entre otros).

CLASIFICACIÓN SEGÚN SU USO.

Gases combustibles: Son los que se utilizan como combustibles, para la obtención de calor o energía. Los más comunes y de uso más extendido son el gas natural y los gases licuados del petróleo (butano y propano).

Gases industriales: Son los que se emplean en usos industriales, como tratamientos térmicos, procesos químicos, refrigeración, corte y soldadura.

Gases de uso médico: Gases empleados como anestésicos y para terapia respiratoria. Los más comunes son el oxígeno y el óxido nitroso.

CARACTERISTICAS DE LOS RECIPIENTES

Prácticamente todos los gases han de ser transportados desde el fabricante hasta el usuario. Por razones de seguridad y de economía, se han diseñado recipientes de forma que, siempre que sea posible, se pueda usar el mismo recipiente para el transporte y para el consumo del gas in situ. Esto se ha conseguido con los recipientes pequeños, cilindros y botellones. Pero también se necesitan recipientes fijos, tanto en las plantas de fabricación como en muchos lugares de consumo. La clasificación de recipientes puede establecerse en **Recipientes fijos**: depósitos a presión (enterrados o de superficie) y esferas (superficie) y **Recipientes móviles**: cilindros, cisternas y contenedores. Las fugas de gas en las que han de intervenir los Bomberos tienen por origen, en la mayor parte de las ocasiones, un recipiente móvil o su equipo de instalación auxiliar. Por tanto, nos ocuparemos de los cilindros, las cisternas y los contenedores.

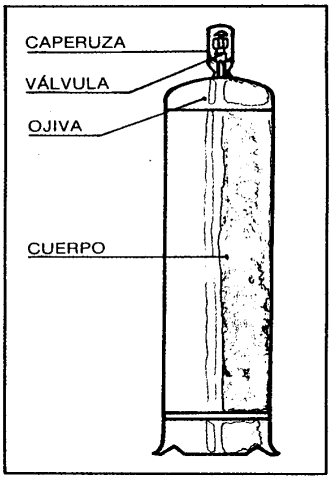
RECIPIENTES MÓVILES.

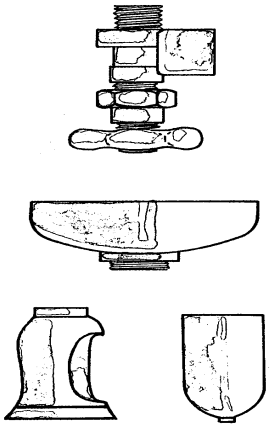
Cilindros: Un cilindro se compone de cuerpo, ojiva, válvula y caperuza.

- ✓ **Cuerpo**: cilindro metálico, de base esférica. La base lleva acoplada una banda, para proporcionar estabilidad al cilindro al apoyarlo en el suelo. Puede estar hecho de un metal extrusionado, generalmente aluminio, acero al carbono, o cobre. También puede estar hecho de acero y acero inoxidable.

- ✓ **Ojiva:** casquete superior del cilindro. La ojiva lleva incorporado un collarín, con un orificio roscado en el centro, en el que se acopla la válvula.
- ✓ **Válvula:** válvula de cierre y apertura del cilindro, con cierre de asiento o de aguja y fabricada generalmente de latón. Consta de Cuerpo, Volante y Rosca de cierre, Rosca de fijación al cilindro y Boca de salida de gas. La estanqueidad de la válvula se consigue por medio de juntas tóricas, membranas metálicas y teflón.
- ✓ **Caperuza:** sombrerete que tiene como misión proteger la válvula contra impactos, hay dos tipos de caperuza:
    - **Fija:** tiene forma de tulipán invertida y una abertura para conectar el sistema de regulación. No debe ser desmontada.
    - **Móvil**: tiene forma de campana cilíndrica, y se desmonta cada vez que se utiliza el tubo.

- ✓ **Precauciones de seguridad.**
    - Manejar cuidadosamente los cilindros y evitar golpearlos. Los golpes pueden causar abollones que inutilizarían el cilindro.
    - Cuando el cilindro no se encuentre conectado a equipos, su válvula debe permanecer bien cerrada, aún cuando esté vacío, para evitar la entrada de aire, humedad y otras impurezas.
    - Las válvulas deben mantenerse limpias y nunca se deben cerrar con un apriete excesivo. **NO SE USARA NINGÚN LUBRICANTE EN LAS VALVULAS.**
    - La caperuza deberá estar siempre colocada durante el transporte, manipuleo y almacenamiento.
    - En las conexiones de salida de las válvulas no se deben utilizar juntas improvisadas, tales como de goma, cuero, etc. ya que son combustibles y pueden causar explosiones. Sólo se deben usar juntas normalizadas.
    - Los locales donde se utilicen o almacenen cilindros de gas, deben tener buena ventilación.
    - En caso de percibirse olor a gas, no encender llama ni entrar al local con brasa de tabaco encendida, ni abrir o cerrar interruptores de luz, hasta que el local esté ventilado y sin olor.
    - Los cilindros de gas no se deben exponer al sol ni al calor.
    - Para facilitar toda medida de cierre rápido de un cilindro, la llave de comando de la válvula deberá estar siempre colocada.
    - **Los escapes nunca deben ser localizados usando una llama, debe hacerse usando agua jabonosa.**





Cisternas: Es un recipiente móvil instalado sobre un bastidor, dotado de ruedas para el transporte. El bastidor puede ser un remolque de camión o un vagón de ferrocarril.

- ✓ **Forma:** generalmente se trata de un cilindro de eje horizontal, cuyos extremos están cerrados por dos casquetes de forma esférica o abombada.
- ✓ **Material**: depende de las características del gas que haya de contener y de su presión de carga. Los materiales más frecuentes son el acero inoxidable, el acero al carbono, el aluminio y el poliéster armado con fibra de vidrio.
- ✓ **Disposición interna**: algunos tipos se destinan a contener varios productos, por lo que poseen compartimientos internos, con sus entradas y salidas correspondientes.
- ✓ **Acondicionamiento térmico**: si el producto ha de mantenerse a una temperatura ambiental normal, la cisterna dispone de aislamiento térmico formado por un recubrimiento de material aislante, generalmente fibra de vidrio, lana de roca, espuma de poliuretano o una combinación de estos materiales. Si el producto debe mantenerse a baja temperatura, dispone de aislamiento térmico y de un sistema auxiliar de refrigeración.
- ✓ **Equipo de servicio**: está compuesto por válvulas y accesorios de carga, descarga, medida y seguridad.
- ✓ **Válvula de seguridad**: alivia toda sobrepresión interna que sufra la cisterna, ya sea por sobrellenado o por sobrecalentamiento del depósito. Su función es evitar la rotura o explosión de la cisterna por sobrepresión.
- ✓ **Válvula de exceso de flujo**: está regulada para un caudal máximo, y se cierra automáticamente en caso de fuga. Su función es evitar un caudal de descarga excesivo y fugas en caso de rotura de algún elemento en el circuito exterior de descarga.
- ✓ **Válvulas de llenado y de descarga**: puede disponer de dos válvulas independientes, o de una sola válvula para ambos usos. Algunas cisternas llevan instaladas dos válvulas, una para la fase líquida y otra para la fase gaseosa. Ambas pueden estar ubicadas en la parte inferior de la cisterna, en cuyo caso la de fase gaseosa está conectada con la parte superior de la cisterna mediante un tubo buzo.
- ✓ **Indicador de nivel, de galga rotativa**: dispositivo que permite conocer, en cualquier momento, la cantidad de líquido existente en la cisterna,

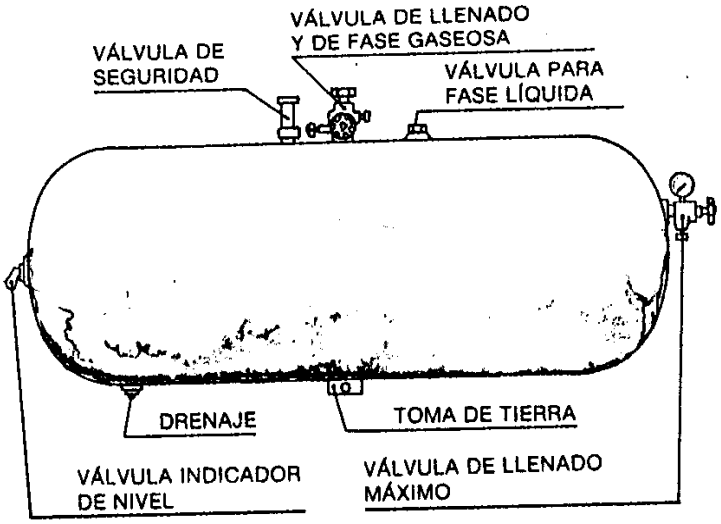
expresada en tanto por ciento de su volumen. Está constituido por un tubo acodado, instalado en el interior de la cisterna. El tubo puede hacerse girar desde el exterior con una maneta. El tubo está comunicado con una pequeña válvula de purga, instalada en el eje de la maneta. Al abrir la válvula, saldrá por ella líquido o gas, indicando si el tubo está sumergido en la fase líquida o en la gaseosa. La maneta gira sobre un dial graduado, que indica el volumen delimitado por el extremo del tubo y la parte inferior de la cisterna, expresando en tanto por ciento del volumen total. Al girar la maneta se provoca el giro simultáneo del tubo acodado. Manteniendo abierta la válvula de purga, sabremos en qué momento llega el tubo al nivel superior de la fase líquida, por el cambio de fase líquida - gas o viceversa, del fluido que sale por ella. La medida del dial indicará la cantidad de líquido existente en la cisterna.

- ✓ .**Indicador de nivel de llenado máximo**: dispositivo que indica el momento en que la fase líquida alcanza el nivel máximo que debe tener. Está constituido por una válvula de accionamiento manual, generalmente de volante, que está conectada con un tubo sonda instalado en el interior de la cisterna. El tubo asciende hasta el nivel máximo que debe alcanzar la fase líquida. La válvula, cuyo orificio de salida es muy pequeño, se abre en los últimos momentos de la carga. Cuando comienza a salir el producto en fase líquida se sabe que la cisterna ha alcanzado su nivel máximo de llenado. La válvula puede llevar incorporado un manómetro que indique la presión del gas en el interior de la cisterna.
- ✓ **Orificio de drenaje**: orificio situado en la parte más baja de la cisterna, dotado con tapón ciego. Este orificio permite eliminar cualquier resto de agua y de otras sustancias cuando se realice la limpieza de la cisterna, o se someta a una prueba hidráulica. El drenaje no debe abrirse mientas no se haya vaciado y desgasificado la cisterna.

Contenedores: Un contenedor puede definirse como una cisterna sin ruedas, a la que se incorporan una serie de elementos que permiten su fácil manipulación y almacenamiento. Están constituidos por un cuerpo, dotado con equipo de servicio (válvulas y accesorios de carga, descarga, medida y seguridad) y una estructura exterior, con elementos de fijación, refuerzo y protección. Su función principal es el transporte de gas, de forma contínua. Debe reunir las siguientes características:

- ✓ Resistencia adecuada a los esfuerzos e impactos que puede sufrir durante el transporte.
- ✓ Diseño adecuado para la fácil carga y descarga del producto.
- ✓ Diseño adecuado par su fácil manipulación con medios de elevación ligeros.

El tamaño y la forma de los contenedores, aunque son muy variados, están normalizados, para facilitar su transporte internacional de manera económica y segura. Las características de los contenedores están regidas por normas internacionales [ISO R -668-1976 (E)]. La norma fija la forma (paralelipédica), las dimensiones y el peso máximo de los contenedores. Las condiciones establecidas permiten el apilamiento de hasta un máximo de tres contenedores.



RIESGOS PRINCIPALES DE LOS GASES

Son de dos tipos: los riesgos de los gases encerrados en un recipiente y los presentados por los escapes del gas del recipiente, aunque los dos puedan tener lugar simultáneamente en un solo incidente.

RIESGOS DEL GAS EN UN RECIPIENTE

Los gases se expanden cuando se les calienta, incrementando la presión sobre el recipiente, lo que puede provocar el escape del gas, la rotura del recipiente o ambos fenómenos. Además, los contenedores pueden perder resistencia y fallar durante el incendio. El calentamiento afecta de forma distinta a los gases comprimidos y licuados. Un gas comprimido (sólo en estado gaseoso) tiende simplemente a expandirse, siguiendo las leyes clásicas del comportamiento de los gases. Ningún gas sigue exactamente estas leyes, pero las de Boyle y Charles sirven para predecir el comportamiento de los gases comprimidos en condiciones normales.

Ley de Boyle.

La ley de Boyle, establece que el volumen ocupado por una masa de gas dada varía inversamente con la presión absoluta si la temperatura no cambia, es decir:

$$PV = \text{constante}$$

Ley de Charles.

La ley de Charles establece que el volumen de una masa de gas dada es directamente proporcional a la temperatura absoluta, si la presión se mantiene constante. Es decir

$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$

Por lo tanto, en la mayor parte de los gases, dentro de los límites de trabajo prácticos, la relación entre temperatura, presión y volumen puede darse con bastante aproximación, según la fórmula siguiente:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1 \times V_1}{P_2 \times V_2}$$

T_1, P_1, V_1, se refieren a las condiciones iniciales: T_2, P_2, V_2, a las condiciones modificadas a determinar.

Ejemplo 1: Supongamos una botella de 10 pies^3, que contiene gas comprimido a 70ºF y presión relativa de 1.000 psi. Si la temperatura aumenta hasta 150ºF, cuál será la presión?

T_1 = 70 + 459 = 529
P_1 = 1000 + 14,7 = 1.014,7
V_1= 10
T_2 = 150 + 459 = 609
P_2 = incógnita.
V_2 = 10
Aplicando la fórmula:

$$\frac{529}{609} = \frac{1.014,7 \times 10}{P_2 \times 10}$$

$$P_2 = 1.047,7 \times \frac{609}{529} = 1170 \text{ psi}$$

Por lo tanto la presión relativa ser: 1.170 –14,7 = 1.155,3 psi

Ejemplo 2: Supongamos una botella de 2,0 m3, que contiene gas comprimido a 20ºC y presión relativa de 1.200 kPa. Si el gas se comprime hasta un volumen de 1,0 m3 a 50ºC ¿Cuál será la presión relativa?

T_1 = 20 + 273 = 293
P_1 = 1200 + 101 = 1.301
V_1= 2,0
T_2 = 50 + 273 = 323
P_2 = incógnita.
V_2 = 1,0
Aplicando la fórmula:

$$\frac{293}{323} = \frac{1.301 \times 2,0}{P_2 \times 1,0}$$

$P_2 = 2.868\ kPa$
Por lo tanto la presión relativa ser: 2.868 – 101 = 2.767 kPa

Los gases licuados, incluyendo los criogénicos (que están parcialmente en estado líquido), tienen un comportamiento bastante mas complicado, puesto que el resultado final de un calentamiento es el resultado neto de la combinación de tres efectos:

1) La fase gaseosa está sujeta a los mismos efectos de los gases comprimidos.
2) El líquido tiende a dilatarse comprimiendo mas el vapor.
3) La presión del vapor del líquido aumenta al aumentar la temperatura de éste.

Estos tres efectos se combinan dando por resultado un aumento de presión cuando se calienta el recipiente. Puede producirse un aumento de presión mucho mas grave si la dilatación del líquido hace que el recipiente quede totalmente lleno de líquido (condensación de la fase gaseosa); si esto sucede, cualquier pequeña cantidad de calor adicional producirá un aumento enorme de la presión. Por esto, es importante no introducir mayor cantidad de gas licuado en la fase líquida de la que pueda contener el recipiente, dejando una cámara de gas si se espera que la temperatura del líquido aumente a un nivel proporcional al de la temperatura ambiente. La cantidad exacta varía considerablemente según el tipo de gas licuado y los factores que afectan a los aumentos de temperatura previstos, tales como la temperatura del líquido en el momento de su introducción en el recipiente, dimensiones de dicho recipiente, condiciones de aislamiento e instalación sobre o debajo del suelo. Las cantidades permisibles se expresan generalmente como densidad de llenado o densidad de carga y se designan según el tipo específico del gas (en algunos casos, por grupos de gases similares). Las densidades de llenado expresadas en términos de peso representan valores absolutos, es decir, que en cualquier caso el recipiente será capaz de aceptar el peso total especificado del gas. Las densidades de llenado expresadas en términos de volumen, sin embargo, deben ser siempre calificadas por la temperatura del líquido. Los recipientes de gases comprimidos o licuados pueden presentar altos niveles de escape potencial de energía debido a la concentración de la materia por compresión o licuación. La rotura de un recipiente libera esta energía – a menudo con extrema rapidez y violencia - con la fuga simultánea del gas por el área circundante y la propulsión del recipiente o de sus piezas. Las roturas de recipientes de gases comprimidos se distinguen mas por su efecto de “misil” que por la cantidad de gas que se libera, ya que contienen menos que los otros. Las de los recipientes de gases licuados pueden permitir el escape de mayores cantidades de gas.

DISPOSITIVOS DE DESCARGA DE SOBREPRESION.

En la mayoría de los contenedores de gas comprimido o licuado, a fin de mantener la presión dentro de límites admisibles, se instalan válvulas de descarga de resorte y/o discos de ruptura. En contenedores pequeños, se emplean generalmente tapones fusibles. Las presiones de tarado para la descarga están relacionadas con la resistencia del recipiente. La capacidad de descarga (caudal de salida a través de los dispositivos mencionados), en la mayoría de los casos, se determina en función de la tasa de absorción del calor, debido a la exposición al fuego, al ser ésta generalmente la fuente dominante.

La capacidad de alivio de estos dispositivos se basa en la descarga del gas. En el caso de recipientes de gas licuado expuestos al fuego, es posible que se presenten condiciones en que se descargue el líquido en vez del gas, por ej. si el recipiente se vuelca. En tales condiciones, la capacidad de alivio se ve reducida en algunos casos hasta en un 60 o 70%. Esta reducción de la capacidad tiene poca importancia práctica, excepto ante una exposición al fuego; incluso en este caso, tal circunstancia no es tan crítica como pudiera parecer, puesto que la prevención de la rotura del recipiente en condiciones de incendio requiere otras protecciones adicionales, además de los dispositivos de alivio de presión.
Los casos de fallo de los dispositivos de liberación de presión son raros, aunque su inspección, mantenimiento y sustitución están poco regulados y se encuentran sujetos a influencias potencialmente perjudiciales.
Los recipientes de ciertos gases venenosos o altamente tóxicos, no tienen dispositivos de alivio de presión, porque el riesgo total de que estos dispositivos reaccionen prematuramente o sufran desperfectos que tengan como consecuencia fugas de gas, representa un peligro mucho mayor que el de la posible rotura en caso de sobrepresión.
En algunos países, los recipientes de gases licuados no tienen protección contra el exceso de presión, debido a su empleo e instalación en el interior de edificios. En estos casos, el riesgo de emisión de gas en espacios cerrados, debido al funcionamiento de los dispositivos de alivio, se supone mayor que el riesgo de la rotura del recipiente por exceso de presión

BLEVE DE GAS LICUADO.

Los casos en que contenedores de gas licuado fallan y se rompen en pedazos merecen tratarse en detalle. Estos fallos se denominan "Explosiones de vapor en expansión de un líquido en ebullición" (BLEVE, "boiling liquid expanding vapor explosion"), constituyendo una explosión por liberación súbita de presión.
Todos los gases licuados se almacenan en contenedores a temperaturas superiores a sus puntos de ebullición en condiciones TPN y permanecen bajo presión mientras el contenedor está cerrado. Esta presión varía desde 0,06895 Kg. (1 psi; 6,895 kPa) para algunos gases criogénicos, a varios centenares de Kg. para gases licuados no criogénicos a temperaturas normales de almacenamiento. Si se iguala la presión a la atmosférica, por ejemplo por rotura del recipiente, el calor "almacenado" en el líquido provoca una rápida evaporación de parte del mismo, que será directamente proporcional a la

diferencia de temperatura entre el líquido en el instante de la rotura y su punto normal de ebullición. En muchos gases licuados inflamables, dicha diferencia, a temperatura ambiente, puede producir la vaporización de 1/3 del líquido.

Cuando los dispositivos de alivio de exceso de presión están dispuestos para comenzar a descargar a presiones correspondientes a una temperatura del líquido superior a la temperatura atmosférica normal (para impedir la descarga prematura), la temperatura del líquido será mayor que ésta si la rotura del recipiente tiene lugar cuando el dispositivo de alivio está funcionando. Por lo tanto, en estas condiciones se evapora mayor cantidad de líquido, generalmente mas de la mitad del contenido en el recipiente. Es lo que ocurre cuando el recipiente se rompe por la acción del fuego. El líquido que no se evapora se refrigera al disipar al disipar calor cuando la presión se reduce a nivel atmosférico y se enfría hasta un punto cercano al de ebullición.
Esta vaporización se acompaña de una gran expansión por el paso del líquido a vapor. Es este proceso de expansión el que proporciona la energía que agrieta la estructura del recipiente, proyecta los fragmentos y ocasiona la rápida mezcla de vapor con el aire (que da por resultado la característica bola de fuego cuando se produce la ignición al entrar en contacto con el fuego que originó inicialmente la BLEVE), así como la pulverización del resto del líquido frío. Gran parte de las pequeñas gotas de la pulverización arden al salir proyectadas en el aire; sin embargo, no es raro que el líquido frío salga despedido desde la zona de incendio a demasiada velocidad para que pueda tener lugar su ignición y caiga al suelo todavía en forma líquida. En una ocasión se encontraron trozos del pavimento de asfalto disueltos por el gas en estado líquido a distancias de 800 mts. del lugar donde ocurrió una BLEVE de GLP.
La reducción de la presión interna hasta el nivel de la presión atmosférica en un recipiente es el resultado de un fallo estructural del mismo, que se debe muy frecuentemente al debilitamiento del metal del recipiente por su contacto con el fuego; sin embargo, puede suceder igual si se perfora o agrieta por alguna otra razón.
La resistencia del acero al carbono disminuye gradualmente al aumentar la temperatura por encima de los 204ºC (400ºF). El efecto de pérdida de resistencia con el aumento de la temperatura es válido para todos los metales comunes y las temperaturas críticas están muy por debajo de las que se alcanzan en caso de incendio.

El funcionamiento totalmente satisfactorio de una válvula de alivio de resorte, dentro de los parámetros de diseño, no puede impedir que suceda una BLEVE. Por su propia naturaleza, este tipo de válvula no puede reducir la presión a nivel atmosférico, sino solamente hasta un punto algo por debajo de la presión necesaria para comenzar la descarga. Por lo tanto, el líquido permanecerá a una temperatura por encima de su punto de ebullición normal; siempre habrá presión en el interior del recipiente y la estructura de éste estará sometida a esfuerzos de tracción.
La zona sometida a estos esfuerzos se muestra en el espacio sombreado de la Fig. 3-7ª, para un recipiente de tipo común de GLP que tenga una válvula de seguridad graduada a 1,72 kgs. (250 lb/pulg.^{2}). aunque esta zona puede variar según los diferentes tipos de acero o las características de diseño de las válvulas de alivio, es evidente que si el metal se calienta por encima de este

límite, lo que es muy posible en el caso de contacto directo con las llamas, no será capaz de resistir el esfuerzo y el recipiente se romperá. Es muy difícil calentar el recipiente metálico en forma apreciable en la zona que se encuentra en contacto con el líquido, porque este disipa el calor del metal actuando como regulador térmico. Por ej. cuando la válvula de alivio citada en este ejemplo comienza a descargar, el propano líquido no puede estar por encima de unos 49-60ºC (120-140ºF). Por consiguiente, la temperatura del metal queda dentro de los límites de seguridad. Esta situación no se produce para el metal situado en la cámara de vapor del recipiente, puesto que el vapor es relativamente mal conductor térmico y tiene poca capacidad de absorción de calor.

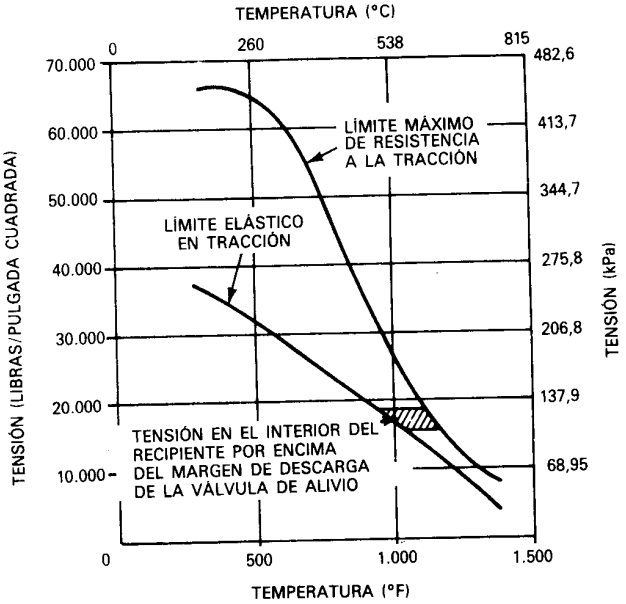


FIG. 3-7A. Comportamiento de un recipiente metálico (acero de carbono) de gas licuado expuesto al fuego.

En la mayoría de las BLEVE en las que el fallo se debe a sobrecalentamiento del metal, éste se origina en la zona de vapor y se caracteriza por el alargamiento y reducción del espesor y por la aparición de una grieta longitudinal que se alarga hasta alcanzar una magnitud crítica. En este punto, se fragiliza la estructura y se propaga la grieta a la velocidad del sonido. Por último, el contenedor se rompe en pedazos.

La mayoría de los fenómenos BLEVE por rotura del contenedor se deben a la exposición al fuego. En algunos casos, se han originado por corrosión o por impacto externo. Las roturas por impacto son particularmente frecuentes en accidentes de tráfico en los que se ven envueltos vagones de ferrocarril o vehículos de carga. En estos casos, la BLEVE se produce simultáneamente al impacto, aunque no siempre es así. En una oportunidad, un vagón cisterna que contenía 113,5 m^3 de GLP se debilitó seriamente en un descarrilamiento y la explosión se produjo 40 horas después. El vagón se levantó y cambió de sitio sin incidente alguno. Cuando se produjo la rotura la presión interna aumentaba como consecuencia de la elevación de la temperatura ambiente.

La magnitud de la BLEVE depende fundamentalmente del peso de los trozos en que se rompe el contenedor y la cantidad de líquido que se evapora cuando el contenedor falla. La propulsión de las piezas del contenedor, resulta análogo

en muchos aspectos al comportamiento de los cohetes. La mayoría de las BLEVE de GL ocurren cuando los recipientes se encuentran llenos de líquido entre algo menos de la mitad y tres cuartos de su capacidad. La relación entre la energía liberada y el peso de los trozos del contenedor es de tal magnitud que éstos salen despedidos a distancias de hasta 800 mts. Son frecuentes las bolas de fuego muy grandes y se han producido víctimas mortales por quemaduras a distancias de hasta 76 mts. en el caso de recipientes de gran tamaño.

El 19 de noviembre de 1984, cerca de la ciudad de México, se produjo un tremendo desastre debido a múltiples BLEVE de GLP. Según un investigador sueco que cooperó con la NFPA, y contrariamente a los informes publicados inicialmente, el accidente se produjo alrededor de las 5.00 en la mañana de un lunes, mientras una estación terminal se llenaba de combustible procedente de una refinería situada en otra zona del país, mediante un gasoducto. Un fallo de un componente de la tubería, de 254 mm (12 pulgs.) de diámetro, degeneró en una rotura en la línea de suministro, liberándose una enorme nube de GLP, que se incendió 20 minutos mas tarde al alcanzar una llamarada a nivel del suelo. La explosión e incendio resultante provocó 500 muertos. La llama procedente de la tubería rota alcanzó uno de los cuatro depósitos esféricos de 1.590 m^3 (10.000 barriles) de capacidad, desencadenándose un BLEVE 10 minutos después. Procedentes de los cuatro depósitos esféricos y 48 tanques cilíndricos se detectaron 15 BLEVE en un sismógrafo. Los depósitos esféricos de 2.384 m^3 (15.000 barriles) permanecieron en sus cimientos, pero resultaron severamente dañados. Los 4 depósitos de 10.000 barriles quedaron destrozados. Los 48 tanques cilíndricos resultaron dañados en distinto grado, apareciendo pedazos a 1,1 kmts.

El tiempo transcurrido entre el comienzo del contacto con la llama y una BLEVE depende de factores tan variables como las dimensiones y la naturaleza del fuego y las características del recipiente mismo. Los recipientes no aislados situados en superficie pueden explotar en cuestión de pocos minutos si son pequeños, mientras que si son grandes pueden tardar varias horas, siempre y cuando no se enfríen con chorros de agua.

En un estudio sobre depósitos y recipientes de almacenamiento de GLP que oscilaban en capacidad entre 3.800 y 114.00 litros (1.000 y 30.000 galones) se obtuvo un intervalo de tiempo entre 8 y 30 minutos, ocurriendo el 58% en 15 minutos o menos. Los datos relativos a recipientes provistos de aislamiento son escasos, puesto que sólo se suelen proteger de esta forma los envases de gases criogénicos y algunos de gases reactivos. No existen dudas en que el aislamiento proyectado para la protección al fuego puede largar de manera importante los plazos para que suceda una BLEVE. En el caso de un vagón-cisterna de ferrocarril cargado de un gas licuado de petróleo y protegido con aislamientos, la BLEVE ocurrió después de 20,5 horas de exposición al fuego, lo que es, sin duda, un ejemplo extremo. En los ensayos comparativos realizados con vagones-cisterna de ferrocarril para transportar GLP, se produjo la BLEVE a 93 minutos en el caso del vagón protegido y en 25 minutos en el desprovisto de aislamiento.

La protección de recipientes de gases licuados sin aislamientos expuestos al fuego se realiza mediante la proyección de agua, para crear una película acuosa en las partes del recipiente que están en contacto interno con el líquido.

Los métodos empleados varían desde la aplicación de chorros de mangueras hasta la instalación de sistemas de pulverización de agua.
Los datos anteriores sobre magnitud, los intervalos de tiempo de la BLEVE y la protección contra ella son sólo aplicables en caso de gases inflamables licuados no-reactivos. La energía química adicional de los gases reactivos introduce unos factores químicos que no están presentes en los fenómenos puramente físicos de combustión que tienen lugar en una BLEVE, aunque la apariencia exterior y los efectos generales sean similares. El peligro puede verse incrementado por la evolución del calor interno de la reacción química (que se suma al calor proveniente del fuego) y por la incapacidad del agua aplicada externamente para enfriar el líquido.

COMBUSTION EN EL INTERIOR DEL RECIPIENTE.

Un riesgo de los gases contenidos en un recipiente, menos frecuente pero no menos importante, es el de su rotura por el exceso de presión, debido a la combustión del gas en su interior. Muy rara vez se sirve una mezcla envasada de oxígeno o aire con otro gas, pero podría producirse accidentalmente. La mayor parte de estas explosiones tiene lugar durante la aplicación industrial o médica de los gases, puesto que en este tipo de actividades se emplea frecuentemente aire u oxígeno comprimido en combinación con otros gases inflamables. Siempre que la posibilidad de esta mezcla sea inherente al proceso mismo, por ejemplo en los sistemas de corte por oxígeno y gas combustible, se toman medidas para impedir que se produzca en el interior de los recipientes. En términos mas generales, este tipo de accidentes puede impedirse solamente mediante la instrucción y el adiestramiento del personal en los procedimientos adecuados de llenado de los recipientes. Los usuarios de gases industriales y sanitarios rara vez tienen la pericia necesaria para rellenar los recipientes con garantías de seguridad.

COMBUSTION AL ESCAPAR DEL CONTENEDOR.

Los riesgos que presentan los gases escapados de sus recipientes varían según sus propiedades químicas y físicas y la naturaleza del medio ambiente en que se escapan. Todos los gases, con excepción del oxígeno y del aire, presentan un cierto riesgo para las personas, porque desplazan el aire necesario para la respiración. Los gases inertes, incoloros e inodoros como nitrógeno, helio, argón y otros son especialmente peligrosos, ya que no se advierte su presencia.

Gases tóxicos o venenosos: Los riesgos son evidentes. Son especialmente peligrosos cuando se desprenden en el transcurso de un incendio, ya que pueden impedir los esfuerzos para combatirlos, no permitiendo o retrasando el acceso de los Bomberos al siniestro.

Oxigeno y otros gases oxidantes: Aunque no son inflamables, estos gases pueden hacer que otras materias entren en ignición a temperaturas mas bajas; pueden acelerar la combustión o hacer que se inicie un incendio al facilitar la

propagación de las llamas procedentes de aparatos que quemen combustibles, mas allá de las cámaras de combustión.

Gases licuados, incluidos los criogénicos: Presentan un riesgo para personas y bienes si se escapan en forma de líquido, debido a sus bajas temperaturas. El contacto con estos líquidos fríos puede causar congelaciones, que pueden ser muy graves si la exposición es prolongada. Las propiedades de muchos materiales de construcción y estructurales, particularmente los plásticos y el acero al carbono, se ven afectadas por las bajas temperaturas; generalmente se hacen quebradizos y pueden provocar un fallo estructural.

Gases inflamables: Debido a su abundancia, el comportamiento de los gases inflamables escapados de sus envases es del máximo interés. Presentan dos clases de riesgos fundamentales: explosiones por combustión e incendios.

EXPLOSIONES POR COMBUSTION.

Las explosiones por combustión pueden producirse en el siguiente orden:

- El gas inflamable o la fase líquida de un gas inflamable licuado se escapa de su recipiente, tubería o pieza de maquinaria (también puede deberse al normal funcionamiento de un dispositivo de alivio de exceso de presión). Al escapar, el líquido se evapora rápidamente y produce las grandes cantidades de vapores características de la transición de líquido a vapor.
- El gas se mezcla con el aire.
- En ciertas proporciones de gas y aire (los márgenes de inflamabilidad o combustibilidad) la mezcla es inflamable y arderá.
- La mezcla inflamable, una vez que ha entrado en ignición, arde rápidamente y produce grandes cantidades de calor.
- El calor producido es absorbido por todo objeto próximo a la llama o a los productos gaseosos de la combustión que están a altas temperaturas
- Casi todas las materias se dilatan cuando absorben calor. La materia que mas se expande en la cercanía de una llama o de los productos gaseosos de la combustión a altas temperaturas es el aire. El aire se dilata al doble de su volumen inicial por cada 237ºC (459ºF) de aumento de temperatura.
- Si el aire no puede expandirse debido, por ejemplo, a estar encerrado en una habitación o espacio confinado, el resultado es el aumento de presión en el interior del mismo.
- Si la estructura de la habitación o espacio no es lo suficientemente fuerte como para resistir esta presión, algunos de sus elementos cederán de forma rápida y brusca, desplazándose de su posición original, con un ruido violento y estruendoso. Esta actividad describe, en parte, una explosión.

Como el origen de la presión es una combustión, este tipo de explosión se llama explosión por combustión. También se denomina explosión de habitación, explosión de vapor-aire y otros términos menos exactos. Necesita la acumulación de una cierta cantidad de mezcla inflamable de gas y aire en un espacio cerrado. Además, que la relación entre la cantidad de la mezcla y la resistencia de cierta parte de la estructura se vea superada por el potencial de generación de presión de la mezcla. Si el espacio cerrado tuviera suficiente resistencia para soportar la presión, no podría ocurrir la explosión, porque lo

que determina básicamente que la explosión pueda ocurrir o no, es, precisamente, el comportamiento del espacio cerrado. Sin embargo, hay pocas estructuras que puedan resistir semejante presión.

Si un recinto cerrado se llenase de una mezcla de gas inflamable y aire a presión atmosférica, tendría que resistir una presión de 4 a 7,5 Kg. (60 a 110 psi) para permanecer intacto e impedir que se produjera una explosión por combustión. Incluso, pueden alcanzarse mayores presiones en el caso de gases inflamables reactivos o atmósferas ricas en oxígeno. Las estructuras convencionales resisten presiones de sólo 0,035 a 0,07 Kg. (0,5 a 1 psi). Esta gran disparidad de presiones demuestra que dichas estructuras resultan vulnerables, incluso sin estar llenas de mezclas de aire y gases inflamables. La experiencia indica que la mayor parte de las explosiones por combustión en el interior de estructuras convencionales se producen con menos del 25% del recinto ocupado por una mezcla inflamable.

La mecánica de la acumulación de gas en el interior de una estructura esta afectada por la velocidad de liberación de dicho gas, tanto si está en su fase líquida como gaseosa, por su densidad y por la ventilación de la estructura. Las leyes de difusión clásicas tienen poca importancia en las condiciones reales, puesto que rara vez se encuentra la combinación de bajas velocidades de liberación con estructuras estancas. Por esta razón, y porque la mayor parte de las mezclas de aire y gas inflamable contienen aproximadamente el 90% de aire y tienen, por lo tanto, aproximadamente la misma densidad que el aire, la densidad del gas inflamable (es decir, su mayor o menor peso con respecto al aire) casi nunca es un factor significativo en las explosiones de gas en el interior de los edificios.

Como consecuencia de la capacidad de los gases licuados para producir rápidamente grandes cantidades de mezclas de aire y gas inflamable, los códigos y normas imponen serias limitaciones a la manipulación de estos gases en interiores. Considerando el aspecto de la "bola de fuego" de una BLEVE, es evidente que una bola de fuego que surge en el interior se comporta de la misma manera que una acumulación de mezcla de gas y aire que entra en ignición, de modo que los resultados de la BLEVE de un recipiente situado en el interior de una estructura pueden ser muy similares a una explosión por combustión.

Las medidas de prevención básicas contra las explosiones por combustión se dirigen a limitar la acumulación de mezclas de aire y gas inflamable en el interior de los edificios. Es fundamental reducir al mínimo las posibilidades de escapes, empleando recipientes y maquinarias de sólida y robusta construcción, y limitar al máximo la emisión de cantidades de gas mediante utilización de dispositivos que cierran el paso del gas en el momento en que la llama se extingue por cualquier razón.

Muchos gases son incoloros e inodoros, por lo que es corriente conferirles un olor fuerte para facilitar la detección de fugas, especialmente con gas natural y gases licuados del petróleo. Se exige que estos gases tengan olor, de modo que puedan ser detectados por una persona normal en una concentración gaseosa en el aire que no exceda de una quinta parte de su LII. Los odorantes son generalmente líquidos orgánicos, que producen el característico olor a gas.

Aunque la odorización es una medida efectiva, tiene sus limitaciones. El mecanismo detector (el olfato) no siempre está presente, por ejemplo, cuando

el local está vacío o sus ocupantes dormidos. Ciertos terrenos filtran los odorantes del gas cuando el escape se produce en una tubería subterránea.
La acumulación de mezclas en edificios puede limitarse también por los sistemas de ventilación, aunque solamente pueden alcanzarse niveles de eliminación bastante teóricos.
El control de las fuentes de ignición es fundamental para prevenir este tipo de explosiones.
También puede reducirse la gravedad de las explosiones una vez que éstas han sucedido, con un diseño especial de las estructuras, que permita que alguno de sus elementos se deformen a presiones menores, mientras los demás permanecen en su lugar. Esto se llama "desahogo o liberación de la explosión" (que no debe confundirse con ventilación). Este tipo de diseño de edificios no es práctico para la mayor parte de las edificaciones ordinarias, por lo que está restringido casi exclusivamente a ciertas estructuras de tipo industrial.

Incendios de gases inflamables: pueden considerarse como una explosión abortada, en la que no se acumula suficiente cantidad de la mezcla de aire y gas inflamable porque entra en ignición prematuramente o porque no se encuentra confinada en un espacio cerrado. como es lógico esperar, el resultado habitual del escape de un gas inflamable al exterior es un incendio. Sin embargo, si se produjera un escape masivo, es posible que los edificios circundantes, o el mismo aire, proporcionaran suficiente efecto de confinamiento como para que tuviera lugar lo que se llama frecuentemente "explosión al aire libre". Los gases licuados no criogénicos son capaces de producir este fenómeno, así como también el hidrógeno, el etileno y algunos gases reactivos, debido a su altísima velocidad de propagación de las llamas. Un ejemplo de la provisión intencionada de una rápida ignición para conseguir que se produzca un fuego en vez de una explosión, es el empleo de pilotos en el equipo de quema de gases, tales como cocinas, hornos, calentadores de agua, calderas y demás.
La misma protección que sirve para la prevención de explosiones es aplicable a la prevención de incendios. Si embargo, contrariamente a lo que sucede con las explosiones por combustión, los efectos destructivos de los incendios de gases pueden reducirse al mínimo por medio de medidas de control.

CONTROL DE GASES EN CASO DE EMERGENCIA

Las situaciones controlables de emergencia que presenta la fuga de gases desde recipientes o depósitos ofrecen dos tipos de peligro:

- Los escapes de gases tóxicos, inertes u oxidantes pueden amenazar la integridad de las personas o los bienes, o las fugas de gases inflamables que no hayan entrado en ignición presentan el riesgo de que alguna circunstancia la provoque, posiblemente en forma explosiva. Estas se llaman emergencias "sin incendio".
- Los incendios de gas pueden presentar riesgos térmicos para las personas o las propiedades. Esto es, emergencias "con incendio". Si a demás, tales fuegos amenazan a los recipientes del gas, introducen la posibilidad de

rotura de los mismos y de que se produzca una BLEVE. El riesgo de roturas de recipientes por su exposición al fuego también está presente cuando se incendia cualquier otro material combustible.

CONTROL DE EMERGENCIAS SIN INCENDIO.

Los escapes de gas se controlan, por lo general, dirigiéndolos, diluyéndolos y dispersándolos para impedir su contacto con las personas, evitar que penetren en los edificios si la fuga estuviese en el exterior y eliminar las posibilidades de contacto con fuentes de ignición, mientras, simultáneamente y de ser posible, se trata de detener el flujo de gas en el punto de fuga. Para canalizar, diluir o dispersar el gas se necesita el empleo de algún fluido que pueda ser portador (los que tienen demostrada su eficacia son el aire, el agua y el vapor). El empleo de aire está prácticamente limitado a espacios interiores y no es sino una prolongación de las medidas de ventilación y desahogo contra las explosiones por combustión. El vapor se emplea mediante sistemas fijos de boquillas o difusores, en instalaciones exteriores de procesamiento de etileno.

TABLA 3-7C. ***Propiedades de combustión de los gases inflamables más comunes***

Gas	Btu/pie^3 (en bruto)	MJ/m^3 (en bruto)	Límites de inflamabilidad en porcentaje por volumen en aire Inferior	Superior	Densidad relativa (Aire = 1)	Aire necesario para quemar 1 pie^3 o 1 m^3 de gas (pies^3 ó m^3)	Temperatura de ignición °F	°C
Gas natural								
De alta inercia *(Nota 1)*	958-1.051	35,7-39,2	4,5	14,0	0,660-0,708	9,2	—	—
De alto contenido en metano *(Nota 2)*	1.008-1.071	37,6-39,9	4,7	15,0	0,590-0,614	10,2	900-1.170	482-632
De alto poder calorífico *(Nota 3)*	1.071-1.124	39,9-41,9	4,7	14,5	0,620-0,719	9,4	—	—
Gas de alto horno	81- 111	3,0-4,1	33,2	71,3	1,04-1,00	0,8	—	—
Gas de horno de cok	575	21,4	4,4	34,0	0,38	4,7	—	—
Propano (comercial)	2.516	93,7	2,15	9,6	1,52	24,0	920-1.120	493-604
Butano (comercial)	3.300	122,9	1,9	8,5	2,0	31,0	900-1.000	482-538
Gases cloacales	670	24,9	6,0	17,0	0,79	6,5	—	—
Acetileno	1.499	208,1	2,5	81,0	0,91	11,9	581	305
Hidrógeno	325	12,1	4,0	75,0	0,07	2,4	932	500
Amoníaco anhidro	386	14,4	16,0	25,0	0,60	8,3	1.204	651
Monóxido de carbono	314	11,7	12,5	74,0	0,97	2,4	1.128	609
Etileno	1.600	59,6	2,7	36,0	0,98	14,3	914	490
Metil-acetileno propadieno, estabilizado *(Nota 4)*	2.450	91,3	3,4	10,8	1,48	—	850	454

Nota 1: Composición típica CH_4 71,9-83,2%; N_2 6,3-16,2%.
Nota 2: Composición típica CH_4 87,6-95,7%; N_2 0,1-2,39%.
Nota 3: Composición típica CH_4 85,0-90,1%; N_2 1,2-7,5%.
Nota 4: Gas MAPP (marca registrada).

El agua de forma pulverizada, aplicada mediante mangueras, lanzas monitoras u otros sistemas fijos, es el fluido portador mas común. El empleo de chorros a partir de mangueras corresponde principalmente a los Bomberos, debido a las necesidades de personal que exige esta operación. Los sistemas de agua pulverizada que se instalan con este fin se proyectan de forma diferente a los sistemas convencionales de agua pulverizada empleados como medida de lucha contra el fuego. Cuando se usa agua sobre recipientes con líquidos criogénicos, hay que procurar que el agua no moje la válvula de descompresión, pues se podría congelar y anular el funcionamiento de este importante mecanismo de seguridad.

Las propiedades físicas del gas fugado influyen sobre las técnicas aplicadas a su control. Tratándose de gases comprimidos, la densidad es un factor importante. Cuando los gases que escapan son inodoros e incoloros, su control se complica porque será necesario emplear instrumentos para definir el alcance de la zona peligrosa. Los gases licuados poseen un indicador de posición perfectamente visible e inherente a su naturaleza, porque el efecto refrigerante de su vaporización condensa el vapor de agua del aire y produce una niebla, que coincide aproximadamente con la zona afectada por el gas, aunque la mezcla de gas y aire inflamable se extiende frecuentemente algunos metros mas allá de los bordes visibles de la niebla.

Como los gases licuados no criogénicos contienen cierta cantidad apreciable de calor para la vaporización, frecuentemente se evaporan tan rápidamente al contacto con el aire o con la tierra que no permanecen en fase líquida una vez que se escapan, por lo menos no en volumen suficiente como para formar charcos. Los gases licuados no criogénicos de menor presión de vapor, como el butano y el cloro, y aquellos que poseen altos calores latentes de vaporización, como el amoníaco, son excepciones a esta regla; incluso, los gases de alta presión de vapor como el propano, pueden llegar a formar charcos si existen muy bajas temperaturas ambientales.
Los gases licuados criogénicos, por otra parte, deben obtener casi todo el calor necesario para su evolución del contacto con el aire o con el terreno y, por lo tanto, forman charcos característicos si la fuga es de duración continuada. En tales casos, la aplicación de un fluido portante aumentará el índice de vaporización si se aplica directamente al líquido, lo que constituye un efecto generalmente no pretendido.
El gas que se produce en las proximidades del foco de evaporación de un gas licuado es siempre mas pesado que el aire a temperaturas normales, debido a la baja temperatura acuosa que se forma por condensación, tiende a hacer que los gases, incluso aquellos que son mas ligeros que el aire, se extiendan a bastante distancia a ras de tierra.
Se ha empleado espumas, especialmente las de gran poder de expansión, para controlar el flujo de gas producido por la vaporización de los gases criogénicos, que normalmente son mas ligeros que el aire. Una capa de espuma suficientemente gruesa puede llegar a calentar el gas hasta el punto de que se eleve por encima de la espuma en lugar de extenderse horizontalmente por el suelo. Sin embargo, este método sólo es aplicable a las manchas bien definidas de líquido evaporizante y no en la primera fase de la fuga.
Algunos gases reaccionan químicamente ante el fluido portador, especialmente si es agua o vapor de agua. El cloro es un ejemplo notable, produciéndose, por reacción, ácido hidroclorhídrico. Sin embargo, el principal problema a este respecto es el aumento de la fuga, ya que el metal reacciona con el ácido.
Un tipo especial de control de emergencia "sin incendio" aplicable a los gases inflamables en interiores, es el sistema de "superficies de explosiones". En la realidad, estos sistemas permiten que se produzca la ignición, pero detienen la combustión de la mezcla de aire y gas inflamable antes de que se obtenga la presión necesaria para que tenga lugar la explosión por combustión.

CONTROL DE EMERGENCIAS CON INCENDIO.

Las emergencias "con incendio" se reducen generalmente disminuyendo la cantidad de calor producido por el fuego por medio de la aplicación de agua, mientras, de ser posible, se evita el escape de gas.
Muchos incendios de gas pueden extinguirse por medio de agentes extintores convencionales entre los que se encuentran el dióxido de carbono, los polvos químicos secos y los agentes halogenados. Sin embargo, los Bomberos deben tener en cuenta el peligro de la conversión de un incendio en una explosión por combustión si el gas continúa escapándose después de su extinción. La práctica mas generalizada consiste en limitar la extinción mediante agentes a pequeñas fugas que no presentan riesgo aunque vuelvan a arder.
Los métodos de aplicación de agua son los mismos que se describen en las emergencias "sin incendio", es decir, chorros aplicados con mangueras, o con lanzas monitoras fijas y sistemas fijos de agua pulverizada, así como sistemas de rociadores. La elección de un método determinado o de una combinación de métodos, exige un estudio de la situación en particular. Esto tiene una importancia clave cuando se intenta emplear el agua para impedir que se produzca una BLEVE, debido al poco tiempo disponible para impedirlo si se trata de recipientes no provistos de aislamiento térmico. Todo esto, unido a exigencias sumamente precisas para proteger al personal de emergencias, afecta gravemente, en muchos casos, a la capacidad de aplicación de los chorros de agua con manguera.

La activación manual de los sistemas fijos de rociadores o agua pulverizada, con boquillas o tuberías secas situadas en la zona incendiada, es de eficacia muy dudosa, porque la intensidad inmediata de un incendio de gas puede dañar rápidamente el sistema de tuberías antes de que se pueda dar paso al agua.
La protección por medio de rociadores automáticos de tipo convencional se limita a zonas interiores o bajo techo. Sin embargo, estos sistemas han sido también eficaces para recipientes de gases, reduciendo en gran medida el número de dispositivos de alivio de sobrepresiones que actúa durante un fuego. A su vez, reducen el número de recipientes que pueden romperse por contacto con la emisión inflamada de otros recipientes. Sin embargo, el espaciamiento de los rociadores y su densidad debe adecuarse exactamente a este tipo de riesgo.
La espuma puede controlar el incendio de un estanque o depósito de gas criogénico, pero no extinguirlo. El grado de control del fuego depende de la extensión del líquido que pueda mantener la aplicación de espuma.

INTERVENCION EN FUGAS

TIPOS DE EMERGENCIA.

- ✓ Fugas en cilindros de gases tóxicos o corrosivos.
- ✓ Fugas en cilindros de gases combustibles.
- ✓ Fugas en la instalación auxiliar de un cilindro de gas combustible.

- ✓ Llama en la boca de salida de un cilindro de gas combustible.
- ✓ Incendio en un local en el que hay cilindros o depósitos de gas, o en un local contiguo.
- ✓ Sobrecalentamiento de recipientes, en particular, cilindros de acetileno.

NORMAS GENERALES.

El objetivo de la actuación es la anulación de la fuga. Esto no siempre es posible.

a) Procedimientos:

- ✓ Cierre de la válvula de salida del gas en una válvula intermedia de la instalación, inmediatamente anterior al punto de fuga.
- ✓ Cierre de la válvula de salida en el propio recipiente para después controlar la salida del gas contenido en las tuberías.

b) Técnicas de actuación, que dependen de:

- ✓ Características del gas: toxicidad, combustibilidad, corrosividad, densidad.
- ✓ Características de la fuga: punto de fuga, caudal, accesibilidad. Si el gas fugado es combustible, la fuga puede ser con o sin fuego.
- ✓ Características de la instalación y posibilidad de corte de la fuga.
- ✓ Características del entorno: materiales combustibles, posibilidad de formación de bolsas de gas, fuentes de ignición presentes, posibilidad de ventilación.

FUGAS DE GAS.

a) Información.

Antes de la intervención debe recabarse toda la información disponible sobre las características del gas, de la fuga, de la instalación y del entorno. Si no se dispone de información, hay que situarse **SIEMPRE**, en las condiciones más desfavorables. Por ejemplo: se debe suponer que se trata de un gas tóxico, inflamable y corrosivo. Luego se determina el método de actuación más apropiado, incluidos el equipo de protección personal y las herramientas que sean necesarias.

b) Punto de fuga.

La intervención comenzará con la detección del punto de fuga.

c) Fugas de Gases tóxicos o corrosivos.

Se debe tener presente tanto la concentración como la densidad del producto fugado. Hay que recordar que muchas veces se puede reducir la concentración del gas fugado a valores soportables para las personas y el entorno con sólo ventilar el local o dispersar el gas con una cortina de agua. Hay que preveer la posibilidad de la acumulación de gas en huecos bajo el nivel del suelo o sobre el nivel del techo, en función de su densidad.

d) Fuga no incendiada de un gas combustible.

- Si se trata de un gas inflamable, para localizar la fuga, no se debe, en manera alguna, encender fósforos ni pulsar interruptores eléctricos.

- Como norma general, se intenta el corte del peso de gas o el taponamiento de la fuga. Simultáneamente, se diluye la concentración del gas fugado con agua pulverizada. El objetivo de la dilución es llevar la concentración del gas en el aire fuera de su intervalo de inflamabilidad.
  Hay que determinar la dirección del viento, o de las corrientes de aire, para determinar el desplazamiento de la nube de gas. Hay que acordonar la zona de asentamiento de la nube, anular en ella toda fuente de ignición e impedir el acceso a personas
- La mayoría de las intervenciones corresponden a pequeñas fugas domésticas, generalmente por un mal acoplamiento entre el contenedor y los aparatos de consumo. Gran parte de estas fugas se deben a impurezas en la válvula de bola, entre el asiento de la válvula y la propia bola. Punzando la bola con un objeto puntiagudo (por ej. un bolígrafo) se producirá la salida de un poco de gas, arrastrando la impureza y provocará el cierre correcto de la válvula.
- Los cilindros de GLP de cierta capacidad, llevan incorporada una válvula de seguridad, que entra en funcionamiento cuando la presión interna del tubo supera cierta presión.
- **Atención,** hay gases combustibles que impregnan la ropa, y el portador está expuesto a entrar en contacto con una fuente de ignición y sufrir daños imprevisibles.

e) <u>Fuga incendiada de un gas combustible.</u>

- Se procede al corte del paso de gas, y se deja arder el gas contenido en las tuberías hasta que se consuma.
- Si no se puede controlar el paso del gas, se deja arder hasta que se consuma, vigilando el entorno para evitar nuevos incendios. Se debe controlar la altura de la llama, porque revela la presión residual del recipiente y permite conocer el momento en que se ha consumido todo el gas.
- Puede considerarse la posibilidad de extinguir la fuga incendiada por impacto de agua, siempre que esté asegurada la ausencia total de toda fuente de ignición dentro del área de dispersión del gas.

f) <u>Taponamiento de la fuga.</u>

- En recipientes refrigerados, puede intentarse taponar las fugas ligeras con agua
  pulverizada, que formará una capa de hielo sobre la rotura.
- Si la fuga se produce en la parte baja de un depósito, y la fase líquida del gas es mas ligera que el agua, se puede intentar llenar con agua la parte baja del deposito usando la válvula de fase líquida. De esta manera el producto se mantendrá a un nivel superior
  y por el punto de fuga saldrá agua.
- El taponamiento se puede hacer con objetos sencillos.

CILINDROS E INSTALACIONES EXPUESTAS AL FUEGO.

1) Todos los cilindros y depósitos que contienen gas, si sufren la acción del fuego, experimentarán una sobrepresión interna. Esto provocará el funcionamiento de las válvulas de seguridad, y la aparición de fisuras en el cuerpo del recipiente, que contribuirá al alivio de la presión interna.
   Si el escape por las válvulas o por las fisuras no es suficiente para liberar la sobrepresión y interna puede producirse la explosión del recipiente. Esto supone una onda de expansión destructiva, la proyección de piezas y una liberación de gas mucho mayor que la fuga inicial. Para comprender la magnitud del problema, hay que considerar que los recipientes contienen un volumen de gas que pasa desapercibido. Por ej. un cilindro de hidrógeno B50 contiene una cantidad de producto que, a temperatura ambiente, alcanzaría un volumen de 9 metros cúbicos.
2) Si un recipiente contiene una mezcla inflamable de gas o vapor y aire, y se calienta hasta su temperatura de autoignición, puede producirse una explosión debido a la deflagración de la mezcla, ya que los gases producidos por la deflagración provocan la rotura del recipiente por sobrepresión.
   Si se rompe un recipiente que contiene un líquido sobrecalentado o un gas licuado a presión, se produce una explosión por la evaporación instantánea del líquido y la inmediata expansión del vapor. Este fenómeno se conoce como BLEVE (iniciales inglesas de “explosión por expansión del vapor de un líquido en ebullición”).
   Si se rompe un recipiente que contiene un gas o líquido combustible a presión, después de la BLEVE puede producirse la inflamación instantánea del gas o vapor liberado, en forma de bola de fuego.

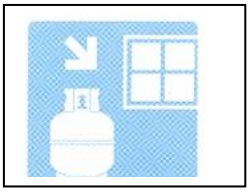
3) Para evitar la explosión de recipientes por efecto del calor del incendio, hay que sacarlos fuera del área de peligro. Si esto no es posible, deben refrigerarse con agua desde un lugar seguro, siempre que no se hayan recalentado peligrosamente.
   Es peligroso refrigerar cilindros de gases a presión que se hayan recalentado en exceso. Durante el calentamiento pueden haberse producido tensiones en el material del recipiente, a las que se sumarán las que se produzcan durante el enfriamiento, con el consiguiente peligro de rotura.
   Si es necesario refrigerar recipientes sobrecalentados, debe hacerse desde un lugar seguro. En ningún caso debe emplearse agua a chorro, sino agua pulverizada.

La manipulación efectiva del gran número y variedad de gases, tanto en la industria como en nuestro medio ambiente (nosotros respiramos una mezcla de gases llamada aire), requiere que los gases sean clasificados. Esta clasificación se basa en ciertos denominadores comunes, que reflejan sus propiedades físicas y químicas y sus usos primarios.

CONSEJOS UTILES

USO DE GARRAFAS Y CILINDROS

1- compruebe que el precinto termocontraible no haya sido violado. Esto le garantizará la calidad del producto y peso exacto



2-Es aconsejable elegir lugares permanentemente ventilados y alejados de cualquier fuente de calor para ubicar o almacenar garrafas o cilindros. No se deben colocar en sótanos, ya que el gas licuado tiende a acumularse en lugares bajos, por ser mas pesado que el aire

3-no se aconseja ubicar las garrafas en exteriores, ya que contiene butano, el cual en temperaturas inferiores a 0° C se licua impidiendo la gasificación.

4-los cilindros deben instalarse en exteriores únicamente, ya que poseen una válvula de seguridad de sobrepresión. Como estos envases contienen propano, no presentan el mismo problema que las garrafas.

5- controle el estado del regulador, principalmente el buen estado de la puntera de goma.

6- Para controlar si existen perdidas, CONTROLE LAS CONEXIONES CO ESPUMA DE JABÓN O DETERGENTE Y AGUA. Si aparece una burbuja, significa que hay una perdida. En ese caso, verifique y ajuste las conexiones y aplique nuevamente la mezcla espumosa. Si la perdida continua, llame a su proveedor o a un técnico especializado en gas.

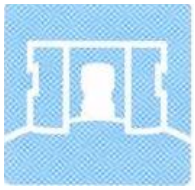
RECUERDE: NUNCA VERIFIQUE LA EXISTENCIA DE PÉRDIDAS ACERCANDO UNA LLAMA AL ENVASE.

El gas licuado es inoloro, se le adiciona un olor característico para que en caso de perdida lo note rápidamente.

7- CONTROLE LA INSTALACIÓN ANTES DE CONECTAR EL ENVASE. Verifique el buen estado de la manguera flexible y de las abrazaderas.

8- ANTES DE GIRAR EL VOLANTE DE LA VÁLVULA de la garrafa o cilindro, VERIFIQUE QUE ESTEN CERRADAS LAS PERILLAS DE LOS ARTEFACTOS CONECTADOS (cocina, estufas, etc.) Compruebe que el regulador se encuentre en buen estado. No intente desarmar o modificar el calibrado del mismo.

9-UNA LLAMA AZULADA, VIVA Y ESTABLE demostrara una OPTIMA CALIDAD DE LA COMBUSTIÓN.



10-SOLO ACEPTE AQUELLOS ENVASES que posean el precinto termocontraíble EN OPTIMAS CONDICIONES.

	Es obligatorio contar con matafuegos reglamentarios para prevenir la expansión de incendios que puedan ocurrir en las cercanías de un recipiente de GLP
	En caso de ocurrir un principio de incendio, los matafuegos le permiten contar con una herramienta de seguridad práctica y fácil de usar.
	Los matafuegos deben colocarse en lugares accesibles y libres de obstáculos que impidan o dificulten su uso.

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