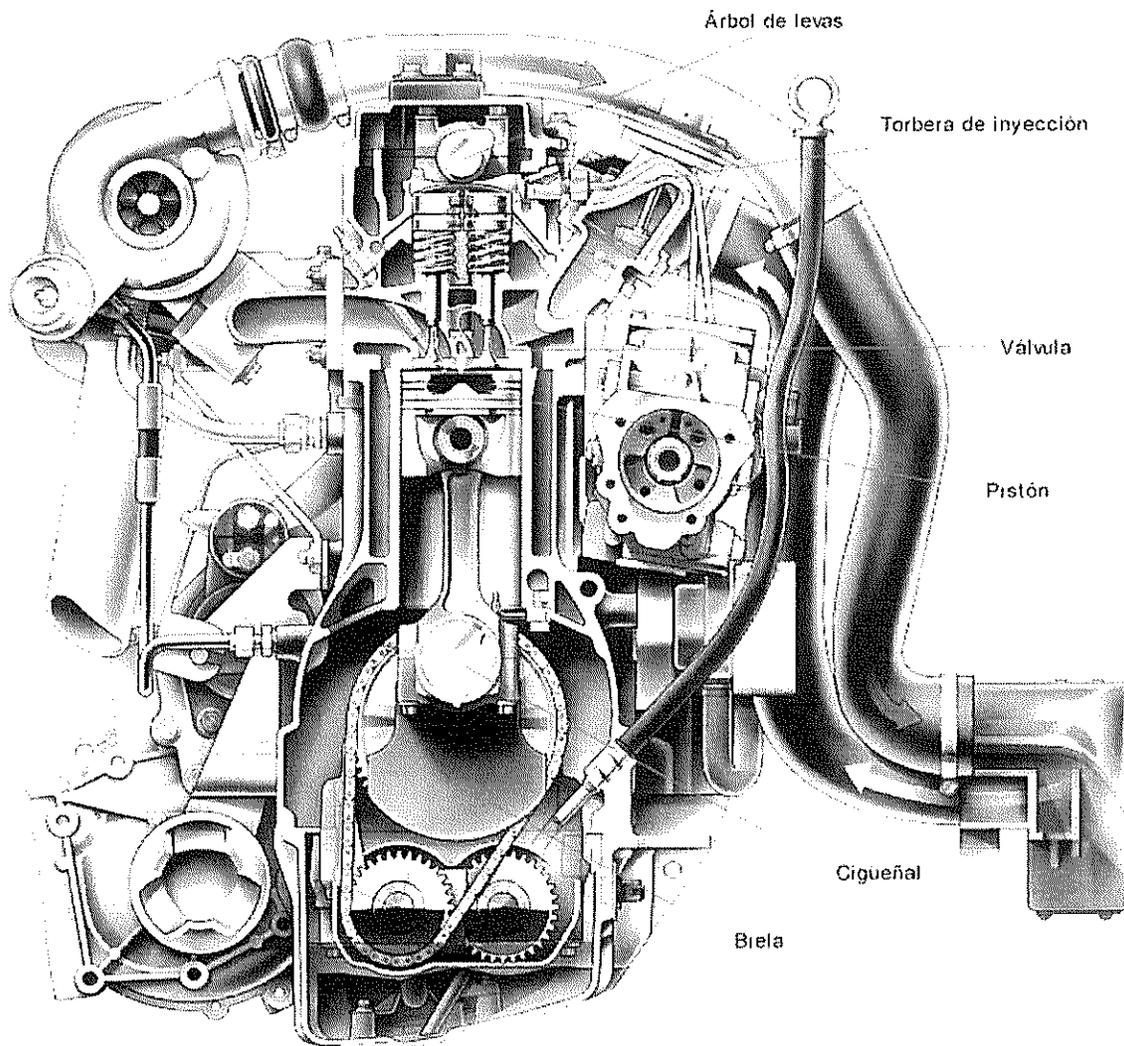


# MANUAL

## COMBUSTION INTERNA

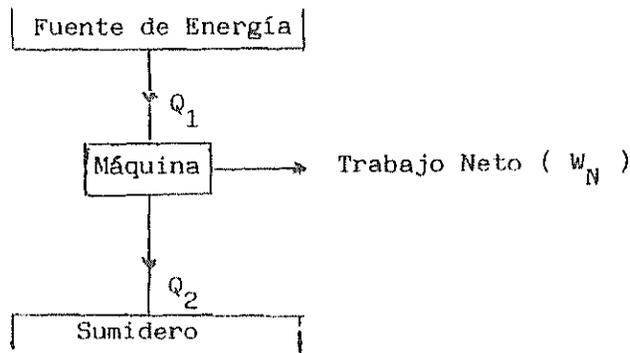




LOS CICLOS TERMODINAMICOS DE MOTORES  
COMBUSTION INTERNA

---

Es necesario recordar que los motores de combustión interna constituyen máquinas térmicas en las cuales se llevan a cabo procesos termodinámicos siguiendo un ciclo. En estos ciclos siempre están presente la fuente de energía, el trabajo perdido y el trabajo neto desarrollado por la máquina. Ver figura siguiente.



donde :  $Q_1$  es la energía del combustible  
 $Q_2$  es el trabajo perdido en forma de calor

de manera que se verifica la ecuación de continuidad o Principio de Conservación de la Energía ( 1<sup>era</sup> Ley de la Termodinámica ).

$$Q_1 = W_N + Q_2$$

y, haciendo uso de la 2<sup>da</sup>. Ley de la Termodinámica, el rendimiento térmico del ciclo es :

$$\eta_t = \frac{W_N}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1$$

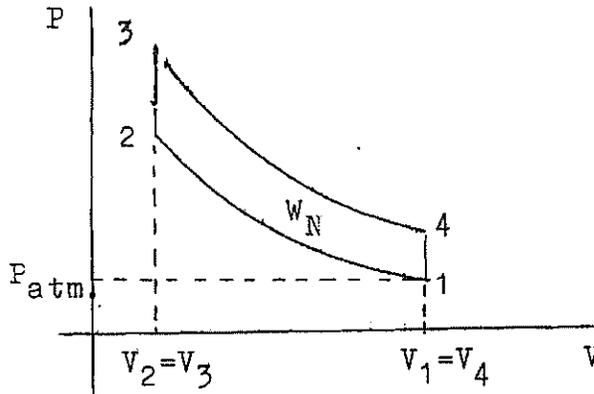
### 1. EL MOTOR OTTO O CICLO A VOLUMEN CONSTANTE

La sustancia de trabajo es una mezcla de aire y combustible dosificada por un tubo venturi. Esta mezcla es comprimida en los cilindros hasta alcanzar una temperatura muy por debajo del punto de inflamación, razón por la cual ésta se logra por medio de una chispa eléctrica emitida por una bujía.



Actualmente se construyen motores de este tipo de cuatro y dos tiempos, siendo el primero el más difundido en el transporte, razón por la cual analizaremos éste.

El diagrama P.V. muestra el ciclo termodinámico de un motor Otto de 4 tiempos.



Proceso 1-2 : Compresión adiabática de la mezcla hasta alcanzar el pistón P.M.S.

Proceso 2-3 : Inflamación de la mezcla por medio de la chispa, aumentando la presión a volumen constante.

Proceso 3-4 : Expansión adiabática de los gases inflamados constituyendo la carrera de trabajo del pistón.

Proceso 4-1 : Evacuación de los gases quemados hasta alcanzar la presión atmosférica.

La relación  $V_1/V_2 = V_4/V_3$  recibe el nombre de relación de compresión ( R ), la cual varía entre los valores 6:1 y 9:1.

El rendimiento térmico de este ciclo está dado por la siguiente expresión :

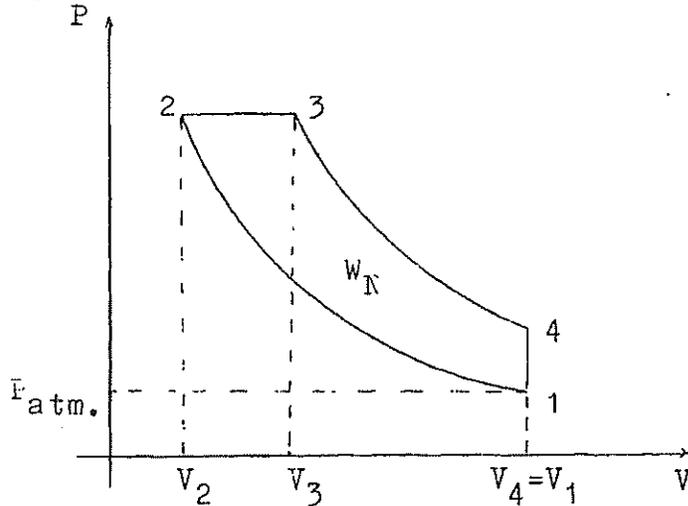
$$\eta_t = 1 - R^{1-k}$$

## 2. El Motor Diesel o Ciclo a presión constante

Este motor comprime aire hasta alcanzar una temperatura superior a la del punto de inflamación del combustible inyectado a presión por medio de una bomba, en el P.M.S. El aumento de temperatura para el aire se logra mediante una relación de com-

presión mucho mayor que en un motor Otto (15 : 1 como mínimo)  
Se construyen motores de este tipo de 4 y 2 tiempos, siendo  
éste último el más difundido dentro de los motores propulsores  
marinos.

El diagrama P.V. muestra el ciclo termodinámico de este motor



Proceso 1-2 : Compresión adiabática del aire admitido hasta al  
canzar la temperatura de inflamación del combustible a inyectar.

Proceso 2-3 : Inyección e inflamación del combustible a presión  
constante.

Proceso 3-4 : Expansión adiabática de los gases inflamados, cons  
tituyendo la carrera de trabajo del pistón.

Proceso 4-1 : Evacuación de los gases quemados a la atmosfera.

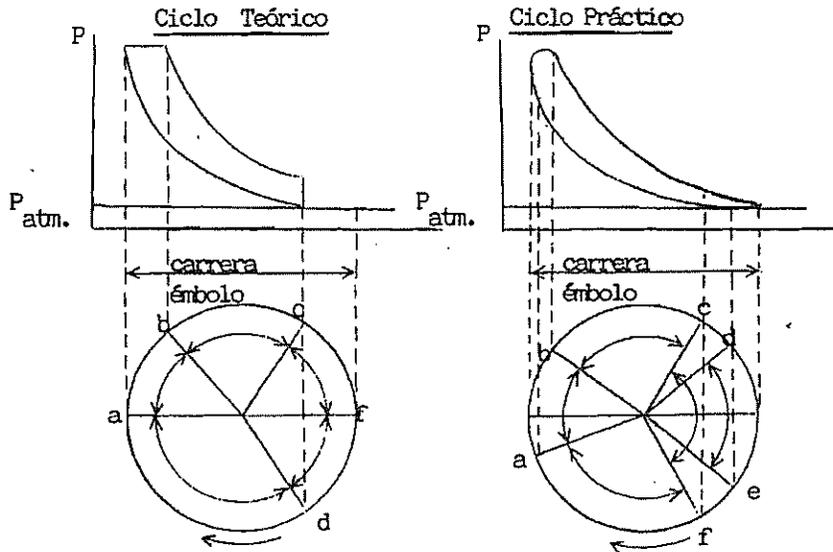
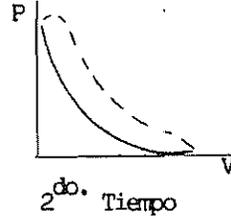
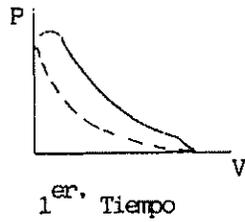
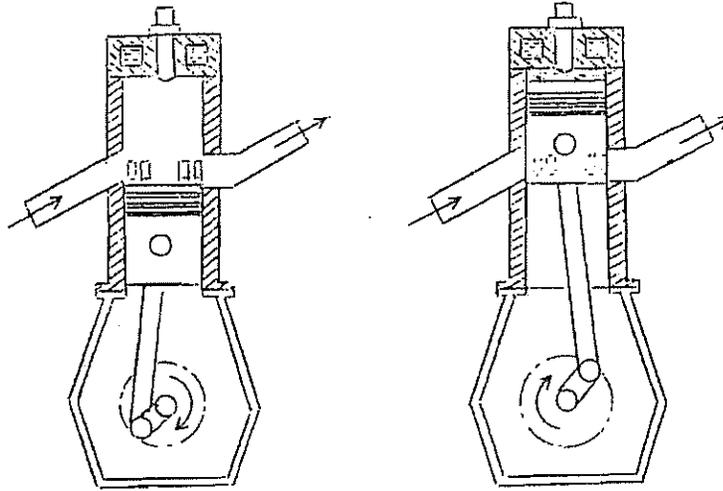
Tanto en el motor Diesel de 4 tiempos y 2, están presentes los  
procesos anteriores diferenciándose en el número de vueltas del  
cigüeñal por una carrera de trabajo del pistón, siendo en el pri  
mero 4 revoluciones y en el último 2.

El rendimiento térmico de este ciclo está dado por la siguiente  
expresión :

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{R^{k-1}} \left[ \frac{R_1^k - 1}{k(R_1 - 1)} \right]$$

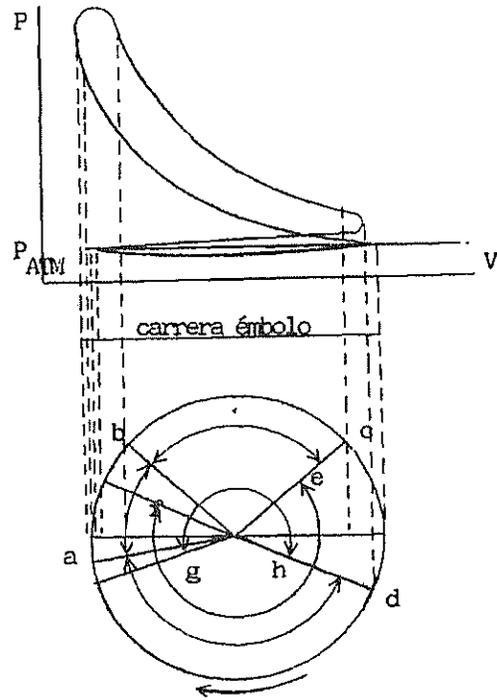
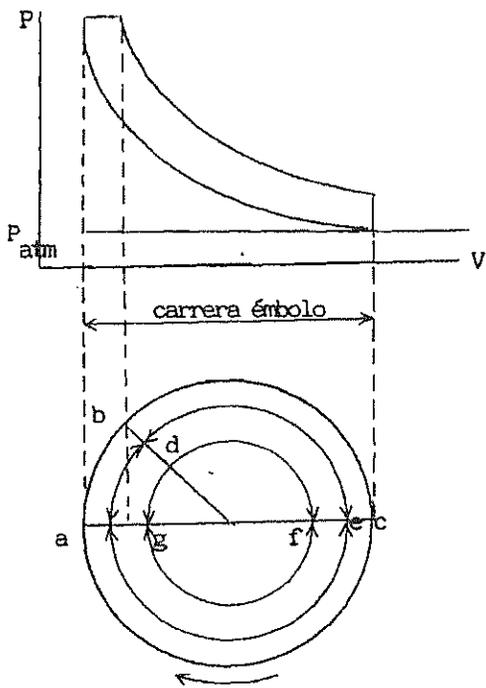
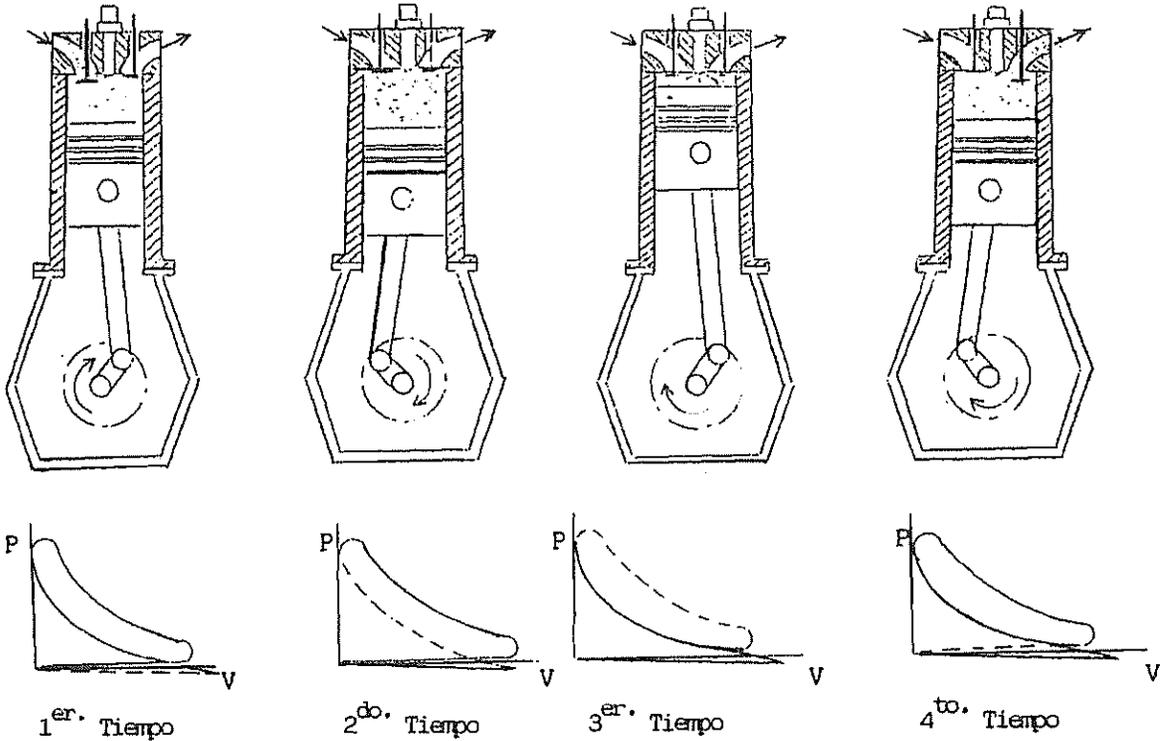
Los ciclos reales para ambos motores se describen en las figuras  
siguientes:

Ciclo Diesel de Dos Tiempos



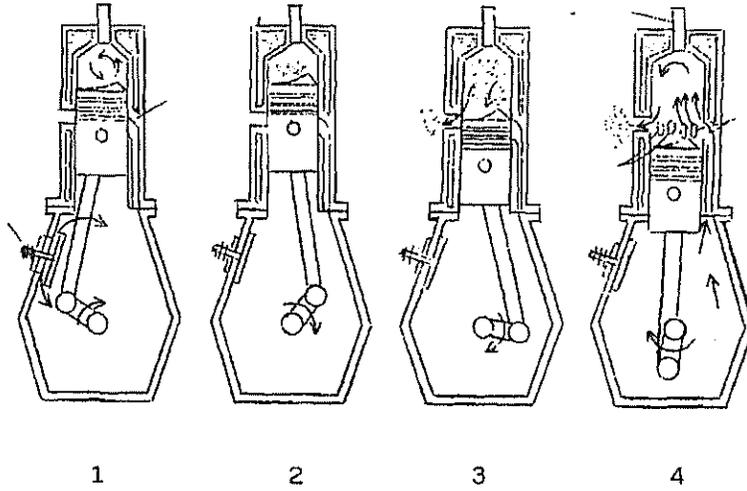
- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| da : compresión                    | ab : inyección                     |
| ab : inyección                     | bc : expansión                     |
| bc : expansión                     | cf : escape                        |
| fd : escape                        | de : barrido ( sobrealimentación ) |
| cf : BARRIDO ( sobrealimentación ) | fa : compresión                    |

Ciclo Diesel de Cuatro Tiempos



ab : inyección  
bc : expansión  
ca : escape  
de : barrido (sobrealimentación)  
fg : compresión

ab : inyección  
bc : expansión  
da : compresión  
ef : escape  
gh : barrido (sobrealimentación)



PROCESOS PARA EL CILINDRO DE 2 CARRERAS EN  
BARRIDO CRUZADO

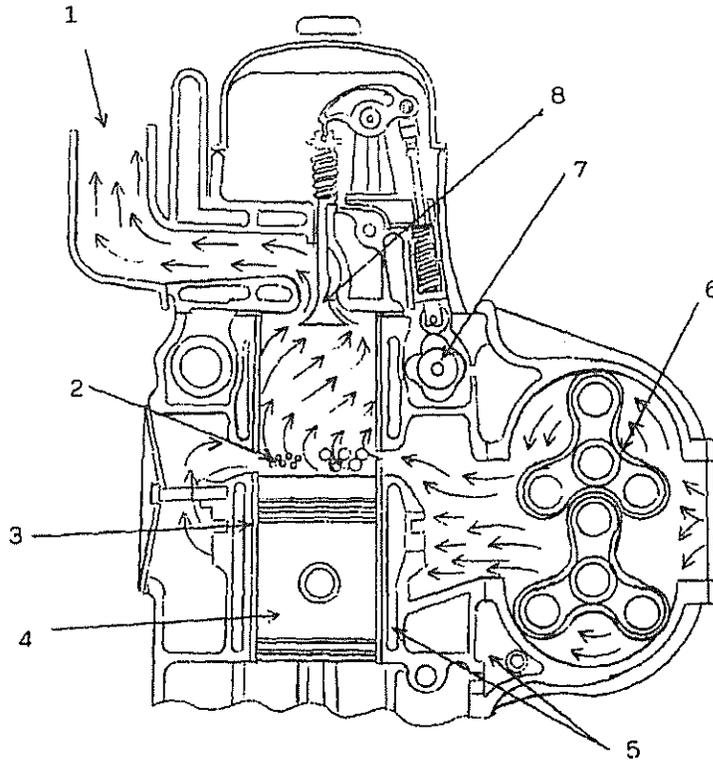
Figura 1 : Admisión de aire y compresión ( lumbreras cerradas,  
el aire entra al carter )

Figura 2 : Combustión ( lumbreras cerradas )

Figura 3 : Escape ( lumbreira de admisión cerrada )

Figura 4 : Barrido y Admisión ( lumbreras abiertas )

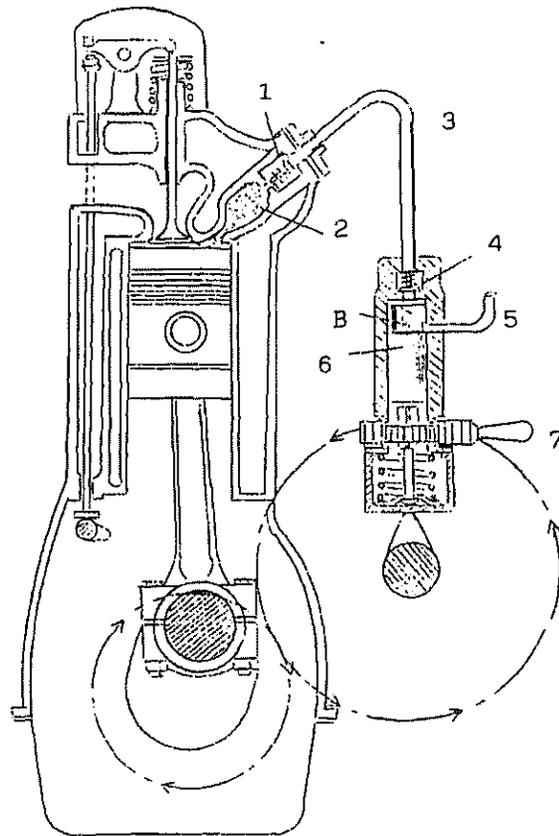
Proceso 2-3 : El aire es comprimido en el carter



MOTOR DIESEL DE DOS TIEMPOS

- 1 Multiple de escape
- 2 Lumberras de admisión
- 3 Camisa seca (reemplazable)
- 4 Embolo
- 5 Camisas de agua
- 6 Soplador para aire de barrido (compresor de tres lóbulos)
- 7 Arbol de levas
- 8 Válvula de escape (dos por cada cilindro)

En este motor, la combinación de válvulas de escape en la culata y lumberras de admisión en el cilindro, permite obtener el barrido continuo o de flujo unidireccional.



SISTEMA DE INYECCION MECANICO O SOLIDO EN UN  
MOTOR DE CUATRO CARRERAS

1. Válvula o tobera de inyección
2. Cámara de precombustión
3. Tubo de descarga
4. Válvula de retención
5. Portillo de admisión
6. Embolo buzo
7. Cremallera

Generalidades sobre Operación y  
Mantenimiento de Motores Marinos.-

El motor de gasolina común tiene una relación de compresión que varia desde 5 a 1 hasta 7 a 1. Actualmente los motores modernos han llegado a relaciones de compresión más altas ( 9 a 1 ). El motor Diesel en cambio usa relaciones de compresión de 15 a 1 y 16 a 1.

La presión de compresión en un motor Diesel es de app: 40 Kg./cm<sup>2</sup>. T. del aire app. 600 °C.

El punto de encendido para motores que trabajan con combustible Diesel ( gas oil ) es del orden de 200°C a la presión de 30 Kg/cm<sup>2</sup>. A presión atmosférica el punto de encendido es mayor ( del orden de 350°C para gas oil ) pero nos interesa relacionar lo que sucede en el interior de nuestro motor.

Como dato que puede parecer curioso consignamos que el punto de encendido es más alto en la gasolina que en el gas oil ( app 270°C para 30 Kg/cm<sup>2</sup> y alrededor de 310°C para 10 Kg/cm<sup>2</sup> que es la condición real en que trabaja dentro de un motor de encendido por chispa).

Quien desee profundizar este tema le remitimos al capítulo IV del libro Construcción y Manejo de los Motores Diesel de Pedro Miranda, especialmente a la letra c) Proceso de encendido).

Al hablar del punto de encendido suele a veces emplearse la expresión punto de inflamación. Para evitar errores aclaramos de inmediato estos conceptos:

PUNTO DE INFLAMACION. Sirve para el conocimiento del peligro de incendio que representa la manipulación de un combustible. Es la Temperatura mínima a que tiene que estar el petróleo para que comience a emitir vapores inflamables, es decir, vapores que ardan en contacto con una llama pero sin propagarse la combustión a la masa del líquido.

Dentro del motor Diesel no representa nada ya que no hay llama alguna en el momento de introducir el combustible a la cámara de combustión de manera que el petróleo se calienta a límites bastante más altos que la temperatura de inflamación sin comenzar a arder. ( El punto de inflamación no debe ser menor que  $65^{\circ}\text{C}$  y de ser posible se preferirá que no baje de  $80^{\circ}\text{C}$  ).

¶ PUNTO DE ENCENDIDO. Es de gran importancia en motores Diesel: Es la temperatura necesaria en el combustible para en presencia de aire se encienda espontáneamente sin auxilio de llama alguna. ( ref.: Capítulo XI letra c) del libro de Pedro Miranda.

#### VENTAJAS ATRIBUIDAS AL MOTOR DIESEL.

Gastan menos combustible para una misma potencia pudiendo vencer mayores sobrecargas momentáneas ( debido a su mayor par de fuerzas )  
- Utilizan combustible más barato por ser menos refinados.

La menor cantidad de combustible gastado para una misma potencia se debe al mejor rendimiento térmico del motor diesel debido a que una mayor proporción de calor de la combustión se convierte en trabajo útil al haberse aumentado la relación de compresión.

Recordemos que en el motor de gasolina no es posible usar relaciones de compresión mayores debido a que comprime una mezcla aire combustible y no aire puro como en el caso del motor diesel. Para aumentar la compresión en el motor de gasolina es necesario usar combustible anti-detonante que no resulta económico y que de todos modos queda limitado.

El aumento de compresión en el motor diesel significa una temperatura más alta antes de iniciarse la combustión y se asegura así una combustión completa y lenta según lo demuestra la termodinámica. La combustión desarrolla entonces mucho más trabajo porque los gases dilatan durante toda la carrera del pistón.

Otro factor que influye en la economía de un motor diesel se produce al disminuir potencia pues en este caso se disminuye solamente la cantidad de combustible. No sucede así en el motor de gasolina en que es necesario estrangular tanto el aire como el combustible lo que disminuye la compresión y es causa de un menor rendimiento. ( Este hecho contribuye desde luego a que el motor diesel tenga un par de fuerzas más constante.)

MOTOR SEMI-DIESEL.

Se entiende por motor semi-diesel aquel que teniendo una compresión más baja que el motor diesel ( 18 a 20 Kg/cm<sup>2</sup> ) necesita de un punto llamado " cabeza caliente " para producir el encendido del combustible. Para poner en marcha un motor de esta clase es necesario elevar la temperatura de la cabeza caliente con un soplete hasta que llegue al rojo y entonces se hace partir el motor. Cuando el motor ha arrancado el calor desarrollado por la combustión es suficiente para mantener caliente la cabeza. Es bueno para ser usado en espacios abiertos donde la velocidad y carga sean constantes puesto que a poca carga y baja velocidad la cabeza caliente tiende a enfriarse y la combustión es deficiente. Por el contrario a altas velocidades o sobrecarga tiende a sobrecalentarse. ( Implica un riesgo de incendio al ser necesario el soplete para calentar la cabeza ).

CLASIFICACION DEL MOTOR DIESEL.

Podemos clasificar los motores diesel de acuerdo a la forma en que se efectúa la inyección en dos tipos :

- motores de inyección por aire ( neumática )
- motores de inyección mecánica ( sólida )  
( El nombre de inyección sólida no es correcto pero se coloca entre paréntesis ya que suele usarse )

En el primer caso se recurre a una

bomba de inyección que dosifica la cantidad necesaria de combustible que irá, por intermedio del pulverizador a la cámara de combustión. Para forzar al combustible a pasar por el inyector o pulverizador, el motor posee un compresor que provee aire a una presión de 70/85 Kg/cm<sup>2</sup>. El aire se almacena en una o varias botellas de soplado que están en permanente comunicación con las válvulas de inyección, las cuales son siempre accionadas por palancas desde un eje de camones. El combustible es impulsado por una pequeña bomba que debe tener solo presión suficiente para vencer la del aire de soplado ( app. 100 Kg/cm<sup>2</sup> ) y llega en la cantidad precisa ( dosificada ) a la válvula de inyección. Mientras la válvula de inyección ( inyector ) se encuentra cerrada el aire de soplado está en reposo y el combustible se deposita por gravedad en las cavidades más bajas, pero cuando la leva abre la válvula ( inyector ) el aire se precipita con gran velocidad en el interior del cilindro arrastrando consigo al petróleo que encuentra a su paso con el que forma una mezcla que se reparte por toda la cámara de combustión merced a los remolinos producidos en ella por la entrada de una corriente tan rápida.

El soplado se realiza durante tanto tiempo como la válvula de inyección permanece abierta. Desde el punto de vista de la combustión, la inyección neumática da un resultado excelente ya que se obtiene una óptima atomización del combustible y mezcla de aire muy satisfactoria. La combustión se efectúa sin humos. Fué muy usado hace años y hoy ha sido abandonado por completo debido a las frecuentes averías y desgastes a que está expuesto el sistema compresor y por supuesto debido a que los estudios y experiencias posteriores hicieron posible desarrollar el sistema de inyección mecánica que en un principio no pudo lograrse.

En el caso de la inyección mecánica el combustible se pulveriza en el interior de la cámara de combustión gracias a que la bomba lo inyecta a una presión de 200 a 350 Kg/cm<sup>2</sup> a través de los orificios diminutos de la tobera. Este procedimiento tiene algunas dificultades pues, por ejemplo, cuando se usa una tobera de un solo orificio el combustible no se pulveriza de una manera perfecta y tampoco se consigue una buena distribución en la cámara de combustión. ( esto generalmente acarrea problemas de dilución de aceite en el cárter y depósitos de carbon excesivos en la cámara de combustión ).

Cuando la tobera tiene varios orificios se logra una mejor pulverización y distribución pero como ha sido necesario disminuir tanto el diámetro de los orificios sucede con frecuencia que éstos se tapan, lo cual causa que el combustible se suministre en forma irregular a la cámara de combustión.

Estas dificultades han obligado al estudio y experimentación de procesos y cámaras de combustión de los motores diesel, especialmente para los de alta velocidad. De aquí que existan en el mercado una gran variedad de formas y disposiciones de inyectores y cámaras de combustión.

BARRIDO DE GASES.-Se entiende por barrido el empleo de una corriente de aire a baja presión, durante el período de escape, para atrastrar al exterior los gases quemados y a la vez suministrar aire limpio para el ciclo siguiente. En general, los motores de 4 tiempos no utilizan aire de barrido el cual es casi exclusivo de los motores de 2 tiempos que lo necesitan siempre.

SOBREALIMENTACION. Es el procedimientto por el cual se aumenta la admisión de un motor con aire de una densidad mayor que el de la atmósfera del lugar en que está instalado, de modo que los cilindros del motor empiezan su carrera de compresión llenos de aire a esta densidad mayor.

La potencia calorica del combustible que habitualmente se usa en los motores diesel está comprendida entre 10.000 y 11.500 Kilo-calorías por Kilógramo.

EQUIVALENCIAS :

1 BTU equivale a 0,252 Kilo-calorías  
1 Kilo-caloría equivale a 427 Kilográmetros  
1 C. V. equivale a 75 Kilográmetros por segundo  
o sea : 1 C. V. equivale a 4500 Kilográmetros por minuto.  
y como 1 Kilográmetro - 1/427 Kilocaloría, si se suministra calor a razón de 1 Kilo-caloría por minuto, se producirá una potencia disponible de 0.095 C. V. ( Sin considerar las pérdida del sistema )

Las pérdidas del sistema en un motor corriente son del orden de 70 a 75 %, de manera que solamente un 25 a 30 % se convierte en energía útil.

Las principales fuentes de pérdidas son: Combustión incompleta, absorción de calor del sistema de refrigeración, y los gases de escape.

A quién desee mayor información le recomendamos leer la letra F ) BALANCE TERMICO del libro " Construcción y manejo de Motores Diesel de Pedro Miranda.

TEMPERATURA, CALOR, CALOR ESPECIFICO.

El calor es causa de la agitación molecular de la materia. Temperatura es la medida de esta vibración o agitación ( en otras palabras la velocidad de esta agitación determina la temperatura del cuerpo ).

CALOR. Es energía. Es la causa de cambios físicos tales como la dilatación de las sustancias y la elevación de la temperatura de un cuerpo determinado.

CALOR ESPECIFICO. Es la cantidad de unidades de calor necesarias para elevar la temperatura de una sustancia en una unidad de temperatura.

Conviene recordar y repasar los conceptos de : Escalas de temperaturas, definición de caloría, de Kilo-caloría, BTU, densidad, peso específico.

Actualmente se ha aumentado la aplicabilidad del motor diesel al conseguir una mayor economía tanto en el costo inicial como en el de funcionamiento. La consecución de estos dos objetivos ha presentado problemas múltiples tanto en metalurgia como en el perfeccionamiento del ciclo de trabajo. La investigación metalúrgica ha proporcionado materiales de mayor

resistencia, menos peso y aptos para funcionar a elevadas temperaturas. Los perfeccionamientos en el ciclo de trabajo han conseguido presiones medias más altas, presión y temperatura máximas más bajas y mayor rendimiento térmico. Para lograr estos perfeccionamientos ha sido imprescindible desarrollar extensamente las técnicas de inyección de combustible.

INYECCION. Se ha definido los objetivos de un sistema de inyección como los siguientes :

- 1- Inyectar la cantidad de combustible requerida por la carga aplicada al motor, manteniéndola constante de ciclo a ciclo y de cilindro a cilindro.
- 2- Inyectar el combustible en el momento preciso del ciclo cualquiera sea la velocidad del motor. ( Esto para motores de grandes variaciones de velocidad como los de automóviles o camiones por ejemplo ).
- 3- Inyectar el combustible en la proporción adecuada ( velocidad de inyección ) para controlar la combustión y la elevación de presión resultante.
- 4- Atomizar el combustible hasta el grado deseado.
- 5- Distribuir el combustible dentro de toda la cámara de combustión.
- 6- Iniciar y terminar la inyección instantáneamente.

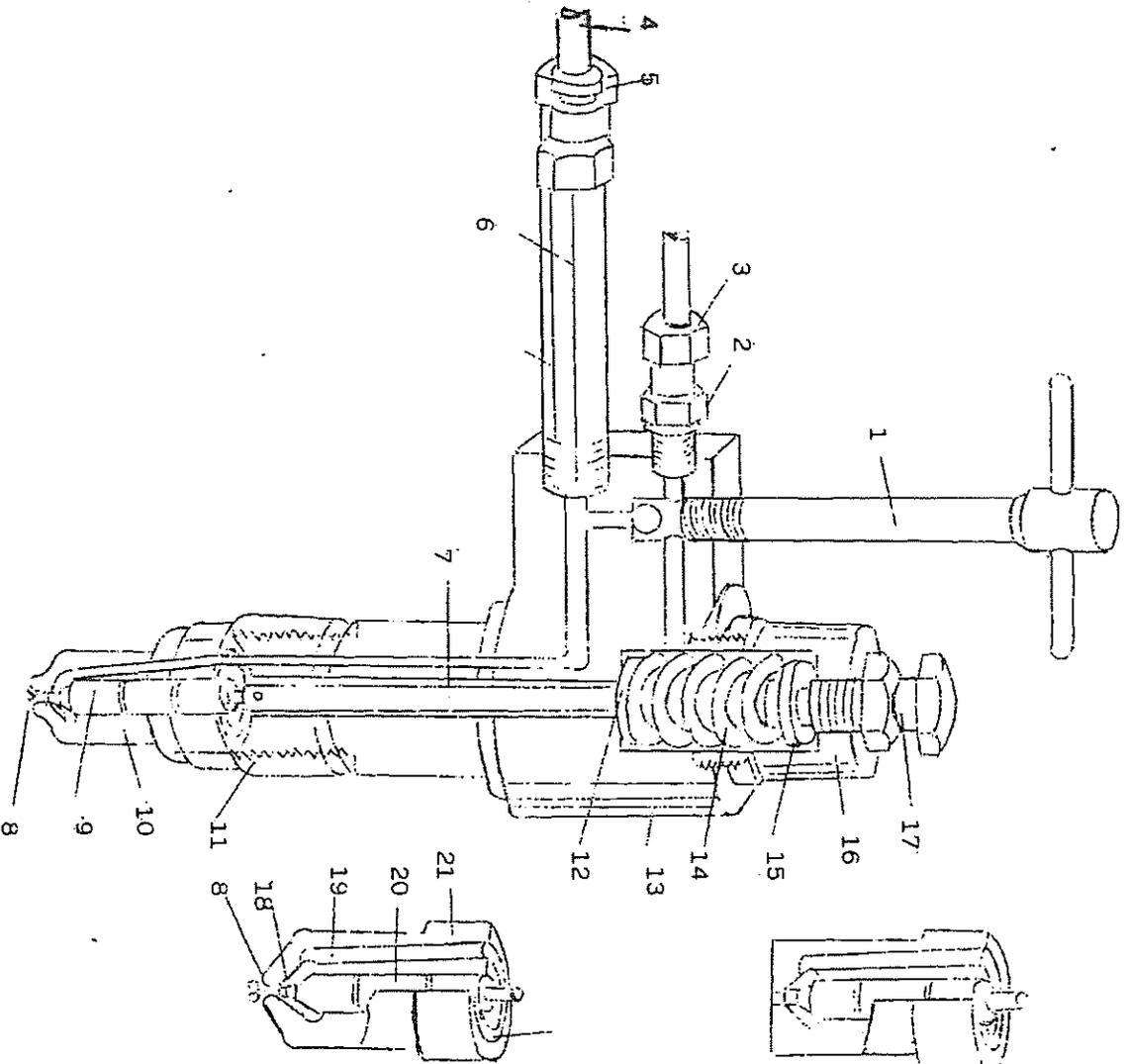
Aclaración : En el caso de los motores de gasolina con inyección, solamente necesita satisfacer las condiciones 1, 4 y 5 puesto que la combustión es controlada en forma independiente.

El Dr. Diesel introdujo la inyección de aire como el medio para atomizar el combustible, sin embargo las dificultades del sistema y las limitaciones impuestas por el tamaño ( app. 10 % del motor ) han hecho que la inyección por aire resulte inadecuada. Los sistemas modernos utilizan inyección mecánica del combustible, en la cual se distinguen 3 métodos de operación :

- Sistema de bomba individual
- Sistema de distribuidor
- Sistema de conducto común.

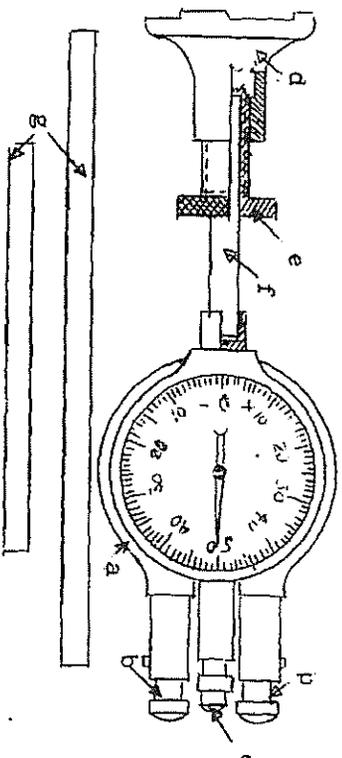
En todos estos sistemas se utiliza por lo menos una bomba de baja presión para transferir el combustible y cargar el sistema de alta presión. Se instalan también filtros para garantizar que sea mínimo el desgaste de las piezas del sistema de inyección que son ensambladas con un ajuste muy fino ( muy poca tolerancia ).

El sistema de bombas individuales tiene tantas bombas completas e independientes entre sí como cilindros tenga el motor.



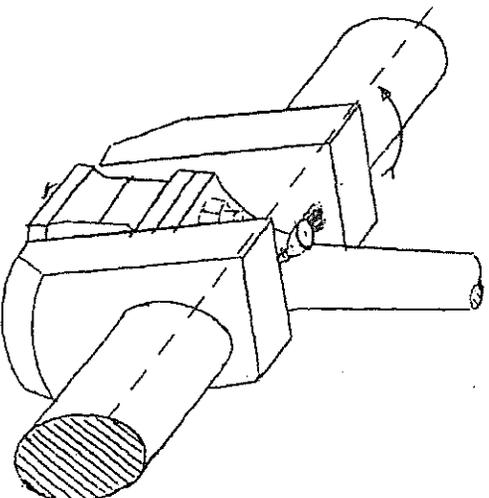
Injector.

1. válvula de purga
2. y 3. niples conexión cañería purga
4. y 5. cañería y niples de conexión entrada combustible al inyector
6. tubo distanciador
7. vástago de tensión rígida
8. atomizador
9. válvula aguja
10. cuerpo camisa de válvula aguja o cuerpo atomizador
11. tuerca de amarre del conjunto atomizador al cuerpo inyector
12. platillo del resorte
13. cuerpo inyector
14. resorte tensor
15. caja de resortes
16. tapa caja resorte
17. tornillo regulación del resorte
18. asiento válvula
19. conducto combustible alta presión
20. cuerpo guía válvula aguja
21. cuerpo de atomizador



FLEXIMETRO

- a. reloj micrométrico
- b. sostenes
- c. botón accionador aguja
- d. pie de fijación escuadra
- e. rosca ajuste del cero
- f. varilla intercambiable
- g. varilla para cigüeñales mayores



COLOCACION FLEXIMETRO ENTRE LOS BRAZOS  
DE LA CIGÜEÑA , EN EL P.M.I.

( cada bomba dosifica y eleva la presión del combustible ). En el sistema de distribuidor se emplea solamente una bomba que dosifica y eleva la presión. La repartición del combustible se hace mediante un distribuidor.

En el sistema de conducto común se utiliza una sola bomba para elevar la presión del combustible y enviarlo a un acumulador de presión de combustible ( el conducto común ). Existe en la línea una válvula de regulación de presión para mantener el valor determinado necesario.

La dosificación del combustible se hace mediante un elemento separado para cada cilindro.

El sistema de bombas individuales tiene ventajas que radican en el hecho de combinar todas las funciones en una bomba separada para cada cilindro, sin embargo el costo es elevado. Esto motivó el desarrollo de la bomba con distribuidor que ocupa un solo elemento de alta presión y precisión.

En el caso de motores para naves se ocupa el sistema de bomba individual por razones de seguridad y es claro que el mayor costo del sistema es tan solo una ínfima parte del costo total de la nave.

En el caso de motores para alternadores o generadores a veces se presenta una bomba que en un solo cuerpo reúne tantos elementos de inyección como cilindros tiene el motor. En este caso se trata de sistema de bombas individuales aún cuando los elementos se encuentran montados sobre un solo block.

#### FLEXION DEL EJE CIGUEÑAL.

El flexímetro es un instrumento con reloj micrométrico que permite medir las flexiones en los ejes cigueñales de tamaño mayor.

Si el uso del flexímetro constituye una ventaja apreciable en montajes de motores nuevos, resulta de imprescindible necesidad en las reparaciones de motores usados.

Las flexiones del eje cigueñal son causadas por una desnivelación en la parte inferior de los cojinetes del eje. El flexímetro sirve para ayudar a determinar los cojinetes que están fuera de nivel y comprobar luego la alineación correcta cuando se proceda a reparar.

El flexímetro se coloca entre los brazos de la cigueña para conocer la alteración de la medida entre ellos durante una vuelta del eje haciéndolas mediciones en las posiciones superior, inferior, babor y estribor. Como realmente no es posible medir la posición superior del instrumento debido a que en esa posición la biela se superpone con él, se hacen dos mediciones superiores a ambos lados de la biela y se promedian.

## Curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

Tabla de contenidos  
Tabla de contenidos

Curso	Electricidad para Ascenso a Motorista II
Duración	30 Horas
Objetivo	El aspirante podrá resolver cálculos aplicando la Ley de Ohm en circuitos Serie, Paralelos y Mixtos, obtendrá conocimientos prácticos para el desempeño en una sala de máquinas y resolver problemáticas básicas en una embarcación.

### La Electricidad.

#### **Electrones.**

Todos los efectos de la electricidad pueden explicarse y predecirse presumiendo la existencia de una diminuta partícula denominada electrón. Aplicando esta teoría electrónica, los hombres de ciencia han hecho predicciones y descubrimientos que pocos años atrás parecían imposibles. La teoría electrónica no sólo constituye la base para el diseño de equipos eléctricos y electrónicos de todo tipo, sino que explica los fenómenos químicos y permite a los químicos predecir y formar nuevos compuestos, como las maravillosas drogas sintéticas.

En vista de que la presunción de la existencia del electrón ha conducido a tantos importantes descubrimientos en el campo de la electricidad, la electrónica, la química y la física atómica, podemos suponer sin temor a equivocarnos que el electrón es una realidad. Todos los equipos eléctricos y electrónicos han sido diseñados en base a la teoría de los electrones.

#### **Estructura de la materia.**

La materia puede definirse como cualquier cuerpo que ocupa un lugar en el espacio y tiene peso. Por ejemplo la madera, el aire, el agua, etc. Toda materia está compuesta de moléculas formadas por combinaciones de átomos, los cuales son partículas muy pequeñas. Los principales elementos que forman al átomo son el electrón, el protón, el neutrón y el núcleo.

#### **?Cuál es el origen de la electricidad?**

Los electrones giran alrededor del núcleo debido al equilibrio de dos fuerzas: la fuerza propia del electrón que lo mantiene siempre en movimiento y la fuerza de atracción que ejerce el núcleo sobre el electrón. Los electrones que se encuentran en la órbita más lejana del núcleo pueden salirse de sus órbitas, aplicándoles alguna fuerza externa como un campo magnético o una reacción química. A este tipo de electrones se les conoce como electrones libres. El movimiento de electrones libres de un átomo a otro origina lo que se conoce como corriente de electrones o lo que se denomina corriente eléctrica. Esta es la base de la electricidad.



## Curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

Nota: Este curso pertenece al curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

### Electricidad Estática y Dinámica

Los electrones son negativos y se ven atraídos por cargas positivas. Siempre habrá atracción desde una fuente en donde haya exceso de electrones hacia una fuente que tenga deficiencia de electrones, la cual tiene una carga positiva. Para que un material pueda estar eléctricamente cargado, debe tener más electrones que protones, o viceversa

Cuando los electrones viajan por un cuerpo y llegan al borde del mismo, se genera electricidad. Esta electricidad se manifestó sólo por acción de presencia por lo tanto se llama electricidad estática. Ahora bien cuando los electrones fluyen por un cuerpo desde un extremo a otro, se genera la electricidad dinámica o corriente eléctrica.

Con la electricidad estática podemos tener descargas, per con la electricidad dinámica obtenemos efectos diferentes, como por ejemplo: Luz, calor, fuerza motriz... Etc... Etc.

La electricidad es una energía que no podemos ver, pero sin embargo podemos percibir sus efectos pueden ser mensurados y encontraremos diferentes parámetros en una magnitud eléctrica estas, esta estarán siempre presentes mientras exista un flujo de electrones por un conductor. A estos parámetros se les denominara : Voltaje, Intensidad de corriente y Resistencia, de estos tres elementos depende el funcionamiento de un circuito y los cálculos necesarios para determinar su funcionamiento y entender el fenómeno que sucede en el circuito al ser recorrido por una corriente eléctrica.

La corriente eléctrica o el Flujo de electrones que recorren un conductor es posible de ser medido y se calculó que en un segundo pasan por un conductor  $6,25 \times 10^{18}$  electrones a esta cantidad se le llama Culombio.

Charles Agustín de Coulomb Nacido en 1736 fisico e ingeniero francés que le da el nombre a la fórmula matemática que describe la acción de las cargas eléctricas. A esta ley se le denomina Ley de Coulomb y su unidad de carga eléctrica se le llama Culombio. La cantidad de electrones que recorren en un segundo un conductor eléctrico se denomina amperio o Amper.

#### El Volt.

Digamos que tenemos dos cargas positivas, una fija y otra móvil, y queremos acercar una a la otra. Cuando empezamos a mover la carga que queremos acercar, esta va aumentando su energía o potencial eléctrico (eléctrico porque estamos hablando de cargas eléctricas) y entre mas cerca esté una de otra, mayor energía tendrá esa carga móvil. Si ahora la soltamos (recordemos que cargas iguales se repelen), la carga móvil se separará de la carga fija a una velocidad y distancia que dependerá de que tan cerca estaban una de otra. Esto lo describimos diciendo que la carga móvil cambió su energía potencial por energía cinética (de movimiento) y se alejó de la carga fija.

Ya que la energía potencial eléctrica depende de la cantidad de carga que estamos moviendo, es mejor describir la energía potencial por unidad de carga y esto se llama potencial eléctrica para nombramos describir an la siguiente forma

)

)

## Curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

Asignatura: Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

trabajo o cambio en energía eléctrica

potencial eléctrico =  $\frac{\text{trabajo o cambio en energía eléctrica}}{\text{unidad de carga movida}}$

que, por supuesto, puede escribirse como una ecuación,

$$V = \frac{W}{Q_{movida}}$$

en la que el potencial se denomina simplemente voltaje y se simboliza con la letra V, W es el trabajo o energía que hicimos para mover la carga y se mide en Joule, y q es la carga movida y se mide en Coulomb. Esto hace que el potencial eléctrico se mida en Joule por Coulomb, que es como se define 1 Volt.

$$1 \frac{J}{C} = 1 \text{ Volt} = 1V$$

En este ejemplo la cantidad de trabajo hecho por la persona es 30 J, que es también la cantidad de energía potencial eléctrica que poseen las tres cargas juntas. El potencial eléctrico es la cantidad de energía por unidad de carga

$$= \frac{W}{Q_{movida}} = \frac{30 J}{3 C} = 10 \frac{J}{C} = 10 \text{ Volts}$$

En su posición original las cargas no tenían energía, por lo que su potencial eléctrico era 0 Volts. Sin embargo, una vez que se han separado ya tienen un potencial eléctrico de 10 Volts, por lo que podemos decir que la diferencia de potencial eléctrico desde un punto al otro es de 10 Volts.

Es importante notar que el potencial eléctrico describe la cantidad de energía por unidad de carga y esto significa que cuando una carga se suelta, el campo eléctrico hará 10 Joule de trabajo sobre la carga, de manera que esta tendrá una energía cinética de 10 Joule en el instante antes que choque con la carga negativa.

Para objetos como baterías especificamos la diferencia de potencial dentro de ella. Por ejemplo, una batería D tiene 1.5 Volts, lo que significa que por cada Coulomb de carga que se mueve desde el lado negativo al lado positivo de la batería, se hará un trabajo de 1.5 Joule.

Una batería AA también tiene 1.5 Volts, de manera que cada Coulomb de carga que se mueve de un lado al otro hará 1.5 Joule de trabajo. La diferencia entre la batería D y la AA es que la primera tiene mas Coulomb de carga, de manera que durará mas tiempo; esto es, la batería AA puede prender un foco sólo durante 15 minutos, mientras que la batería D puede mantenerlo prendido por varias horas. Así, como resultado de tener mas carga, la batería D tiene mas energía y por tanto, aunque hace el mismo trabajo que la batería AA, lo podrá hacer durante mas tiempo; esto es, las dos baterías hacen el mismo trabajo (o tienen la misma potencia).

)

)

## Curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

Antes de recibir el diploma, el alumno debe haber aprobado satisfactoriamente el curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

Es importante decir que 1 Coulomb en una gran cantidad de carga y que 1 Joule también es una gran cantidad de trabajo. También es importante notar que energía potencial no es lo mismo que potencial eléctrico y este también puede describirse con los términos diferencia de potencial, voltaje, caída de potencial y fuerza electromotriz. La letra que usamos para describir la diferencia de potencial es la letra  $V$  y la unidad para diferencia de potencial también es la letra  $V$  (Volts), de manera que cuando decimos  $V = 1.5V$ , estamos diciendo que la diferencia de potencial es de 1.5 unidades.

La **ley de Ohm**, *postulada por* el físico y matemático alemán Georg Simon Ohm, es una ley básica de los circuitos eléctricos. Establece que la diferencia de potencial que aplicamos entre los extremos de un conductor determinado es proporcional a la intensidad de la corriente que circula por el citado conductor. Ohm completó la ley introduciendo la noción de resistencia eléctrica ; que es el factor de proporcionalidad que aparece en la relación entre el Voltaje y la corriente

$$V=I/R$$

La fórmula anterior se conoce como *fórmula general de la ley de Ohm*, y en la misma, corresponde a la diferencia de potencial, a la resistencia e a la intensidad de la corriente. Las unidades de esas tres magnitudes en el sistema internacional de unidades son, respectivamente, voltios (V), ohmios ( $\Omega$ ) y amperios (A).

En física, el término *ley de Ohm* se usa para referirse a varias generalizaciones de la ley originalmente formulada por Ohm. El ejemplo más simple es: donde  $J$  es la densidad de corriente en una localización dada en el material resistivo,  $E$  es el campo eléctrico en esa localización, y  $\sigma$ (sigma) es un parámetro dependiente del material llamado conductividad. Esta reformulación de la ley de Ohm se debe a Gustav Kirchhoff.



## Curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

Walter Velasco

### Circuitos Eléctricos

La forma de interconectar los consumos o resistencias en un circuito eléctrico le dará a estos últimos su nombre y de ello dependerá la forma en que se podrán calcular las diferentes magnitudes que en ellos intervendrán. Cuando las resistencias se encuentren unidas una seguida de otra de modo que la corriente eléctrica las recorra una primero y luego la otra y así sucesivamente hasta la última del sistema de conexión entonces estaremos en presencia de un circuito Serie, sin embargo si las resistencias están unidas de manera que todas reciban la corriente eléctrica de manera directa o sea todas a una misma vez, entonces hablaremos de un circuito Paralelo y por último encontraremos circuitos en que ambos circuitos descritos estarán mezclados a estos llamaremos circuitos Mixtos.

**Circuitos Serie.** En los circuitos serie el Voltaje  $V$  se divide en tantas veces como resistencias tenga el circuito a esto se le llama caída de tensión y de acuerdo a la ley de Ohm la suma de dichas caídas de voltaje será igual al voltaje total aplicado, vale decir:

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_n$$

La corriente la que denominaremos  $I$  se hará igual a lo largo de todo el circuito

$$I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$$

La resistencia total del circuito que llamaremos  $R$  será igual a la suma aritmética de las resistencias parciales.

$$R_{\text{Total}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_n$$

### Circuitos Paralelos

En los circuitos paralelos encontraremos que el voltaje se comportara de manera diferente a como se presenta en los circuitos serie y se hará igual a lo largo de todo el circuito quedando todas las resistencias sometida al voltaje total.

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3 = V_n$$

En los circuitos paralelos, sin embargo la corriente se dividirá en cada una de las resistencias conectadas al circuito, vale decir que la suma de ellas será el valor de la intensidad total.

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n$$

Por otra parte, la resistencia total de un circuito paralelo, a la que llamaremos resistencia equivalente, dado que ésta será la suma algebraica de las resistencias parciales y el valor total de esa suma no podrá ser mayor que la menor resistencia conectada en el circuito.



## Curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

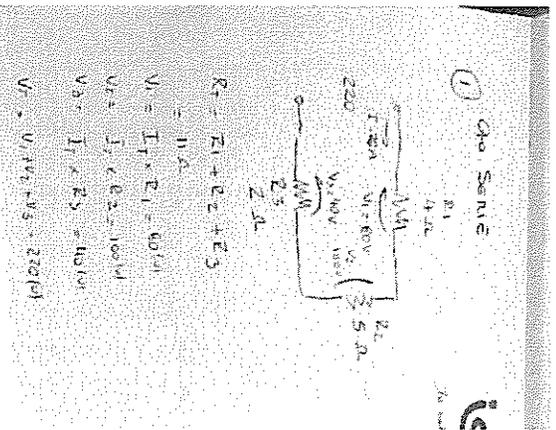
Objetivo: El alumno deberá ser capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en el curso para resolver problemas de electricidad en el trabajo.

$$1/R_{\text{equivalente}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_n$$

Las diferentes formas de conexión de las resistencias de un circuito como las hemos visto anteriormente, también pueden encontrarse mezcladas o combinadas y entonces al circuito resultante llamaremos Circuito Mixto, para resolver este circuito se deberá enfrentar el cálculo de manera de ir resolviendo y simplificando el circuito en conformidad a las formulas antes citadas y en la medida que resolvemos iremos cambiando el circuito al que agregaremos el valor de la resistencia parcial resultante de cada cálculo de los diferentes grupos de resistencias.

### Desarrollando Circuitos

En los circuitos cuyas resistencias se encuentren conectadas en serie los cálculos de los distintos parámetros se harán de la siguiente manera:



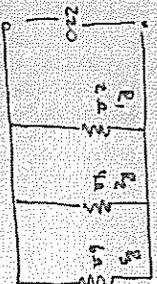


## **Curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.**

Centro Tecnológico de Formación Técnica  
República Bolivariana de Venezuela - Caracas

En esta forma de resolver tomaremos todas las resistencias y las resolveremos como una suma de fracciones y luego no olvidar que ese valor es un recíproco por lo tanto como lo expresa la fórmula se encuentra como divisor de uno, el valor en ese momento se encuentra expresado en Mhos y es el valor de la conductancia, al hacer la división ese valor se expresará en Ohm y será el valor de la resistencia total.





$$\frac{1}{Z_{\text{eq1}}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \Rightarrow \frac{1}{Z_{\text{eq1}}} = \frac{Z_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} = \frac{2.4 + 1.4}{2 \cdot 1.4}$$

$$= \frac{1}{6} \Rightarrow \frac{1}{0.45}$$

$$Z_{\text{eq1}} = 1.33 \text{ (}\Omega\text{)}$$



$$\frac{1}{Z_{\text{eq total}}} = \frac{1}{Z_{\text{eq1}} + R_3} \Rightarrow \frac{1}{Z_{\text{eq total}}} = \frac{1.33 + 6}{1.33 \cdot 6} = \frac{7.33}{7.98}$$

$$Z_{\text{eq total}} = \frac{1}{0.91} \text{ (}\Omega\text{)} = 1.098 \text{ (}\Omega\text{)}$$



## Curso de Electricidad para ascenso a Motorista Segundo.

Autónoma de Bucaramanga - UBOB  
Calle 100 No. 107-109 - Bucaramanga

Otra forma de resolver el circuito paralelo es tomando las resistencias en grupos de dos, la resultante R equivalente 1 se tomará luego con la Resistencia número 3. No debemos olvidar que la resistencia es un valor recíproco.

The diagram shows a circuit with three resistors in parallel:  $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 4\Omega$ , and  $R_3 = 6\Omega$ . The total equivalent resistance is  $Z_{eq}$ .

Step 1: Calculate the equivalent resistance of  $R_1$  and  $R_2$  in parallel:

$$\frac{1}{Z_{eq1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$
$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{1}{Z_{eq1}} = \frac{2+4}{2 \cdot 4} = \frac{6}{8}$$
$$\Rightarrow Z_{eq1} = 1,33 (\Omega)$$

Step 2: Calculate the total equivalent resistance by adding  $Z_{eq1}$  and  $R_3$  in parallel:

$$\frac{1}{Z_{eq\ total}} = \frac{1}{Z_{eq1} + R_3}$$
$$= \frac{1}{1,33 + 6}$$
$$= \frac{1}{7,33} \Rightarrow Z_{eq\ total} = 0,136 (\Omega)$$

Step 3: Final calculation (likely a typo in the original image):

$$\frac{1}{Z_{eq\ total}} = \frac{1}{0,136} \Rightarrow Z_{eq\ total} = 7,33 (\Omega)$$

