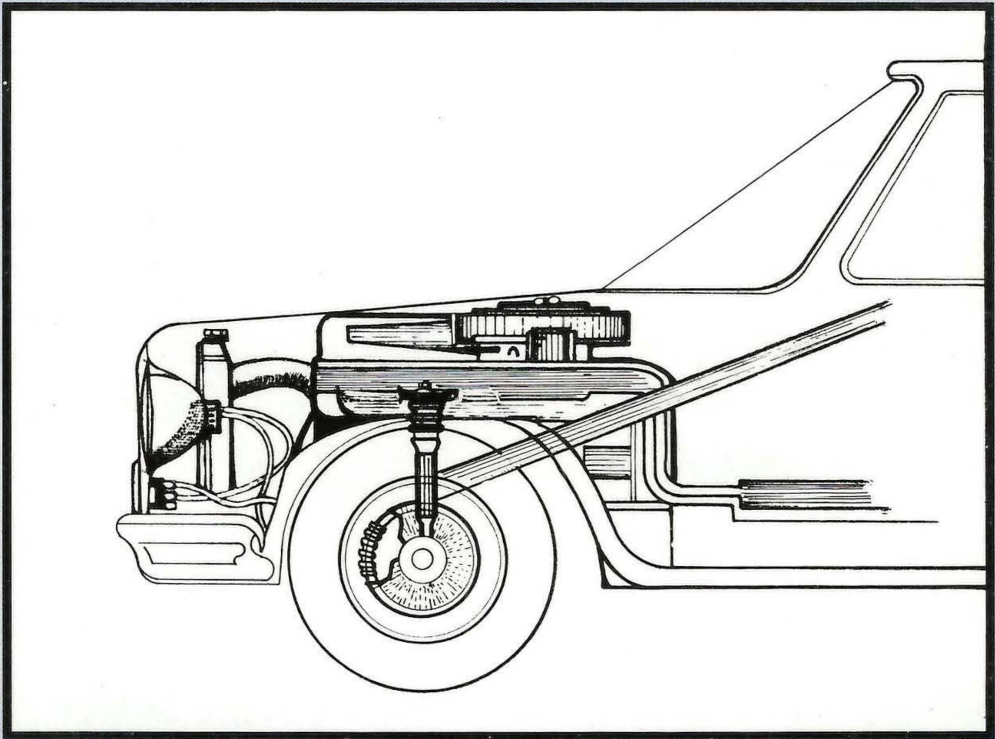


AUTOMOTRIZ

MODULO BASICO



Servicio Nacional
de Aprendizaje



3

Principios de electricidad

SENA

DIRECCION GENERAL

SUBDIRECCION TECNICO-PEDAGOGICA

División de Diseño de Programas de Formación Profesional

PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD

Módulo BASICO

Módulo Instruccional: PRINCIPIOS DE
ELECTRICIDAD

Código: 346-110301



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

CONTENIDO

OBJETIVO TERMINAL	5
1. Materia y Electricidad	7
A. Constitución de la materia	7
B. La electricidad	10
2. Circuitos	23
A. Símbolos de representación	23
B. Circuitos en Serie	26
C. Circuitos en Paralelo	31
D. Circuito Mixto	35
E. Fusibles	36
3. Armado de un circuito eléctrico	37

Al finalizar el estudio de esta cartilla instruccional, el alumno estará capacitado para explicar la constitución de la materia, los principios de la conducción eléctrica, los tipos de circuitos y la forma de armar un circuito eléctrico sencillo.

1. MATERIA Y ELECTRICIDAD

OBJETIVO INTERMEDIO 1. Después de estudiar este tema, el alumno estará capacitado para explicar la constitución de la materia y los principios básicos de la conducción eléctrica.

A. CONSTITUCION DE LA MATERIA

Materia es todo aquello que se encuentra en la naturaleza en forma de elementos o combinaciones.

La mayor parte de los conocimientos sobre la estructura de la materia se han descubierto en los últimos 50 años.

Para entender mejor lo que ocurre en los materiales cuando están cargados eléctricamente, necesitamos recordar algunos aspectos de la estructura y composición de la materia.

Todas las miles de clases de sustancias que forman la materia están compuestas de sustancias o combinaciones de sustancias simples llamadas *elementos*.

Existen aproximadamente 105 clases de elementos. El carbono, el oxígeno, el cobre, el plomo, el hierro, el oro, el zinc, la plata, el uranio, el germanio, el indio, etc., son algunos elementos.

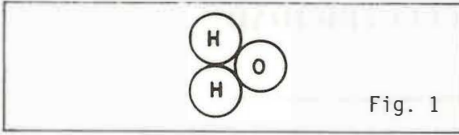
1. MOLECULAS

La más pequeña partícula de una sustancia que conserva todas sus propiedades químicas se llama *molécula*.

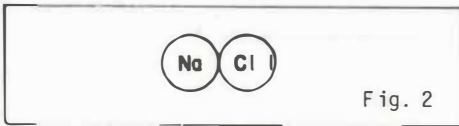
La partícula más pequeña que pueda existir de agua o de sal, será una molécula de agua o de sal respectivamente.

Una molécula de agua está formada por dos partes infinitesimales del elemento llamado Hidrógeno (H) y

otra parte infinitesimal del elemento llamado Oxígeno (O) combinadas entre sí.



La partícula más pequeña de sal de cocina está compuesta por una parte de Cloro (Cl) y otra de Sodio (Na).



Se conocen alrededor de medio millón de diferentes moléculas resultantes de las diversas combinaciones de los 105 elementos simples.

2. ATOMOS

Si por algún medio disgregamos los elementos que forman la molécula de agua o la de sal, dichas sustancias o elementos separados dejarían de ser agua y dejarían de ser sal.

De la molécula de agua obtendríamos dos partículas de hidrógeno y una de oxígeno. De la de sal, obtendríamos una partícula de cloro y una de sodio. Cada una de esas partículas recibe el nombre de *átomo*.

Un átomo es la partícula más pequeña de un elemento que pueda existir.

Existen tantas clases diferentes de átomos como elementos libres. Podemos hablar de átomos de carbono, de oxígeno, de cloro, etc., porque estas sustancias son elementos. No sería correcto hablar de un átomo de agua o de sal, porque el agua o la sal no son elementos.

3. ESTRUCTURA DEL ATOMO

La idoneidad de un material para conducir electricidad está en estrechísima relación con la estructura atómica. Así, pues, todo lo referente a la electricidad lleva en último término a los componentes primarios de la materia: *los átomos*.

Los átomos constan de varias clases de partículas, cuya pequeñez impide verlas siquiera con los microscopios más potentes.

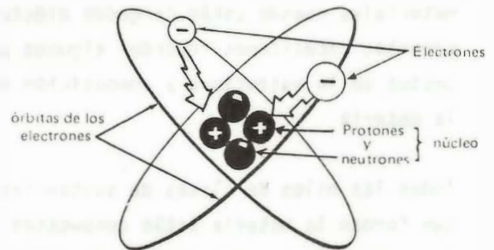


Fig. 3 Estructura del átomo

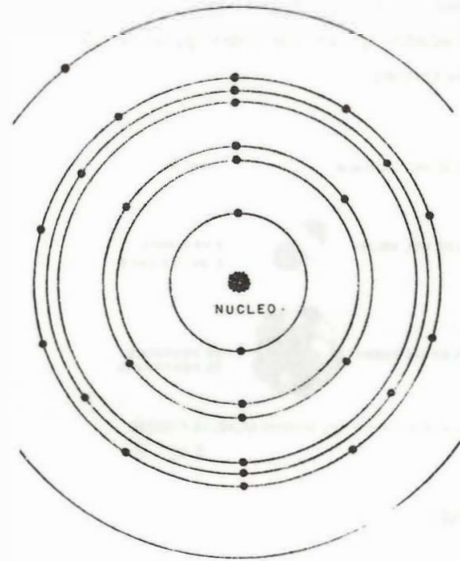
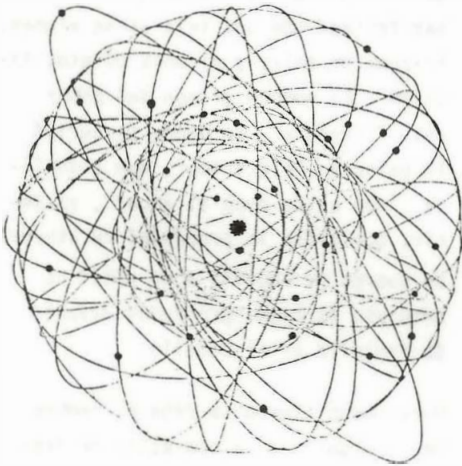
Estas clases de partículas son: el *Protón*, el *Neutrón* y el *Electrón* (fig. 3). La cantidad y disposición de estas partículas determinan ciertas propiedades y comportamientos del elemento.

El diámetro de un átomo es tan pequeño que en un espacio de 1mm caben

alrededor de 3 millones de átomos alineados.

Dada esta pequeñez se hace uso de representaciones en forma de modelo. Niels Bohr concibe el átomo como un sistema solar en miniatura (fig. 4).

Fig. 4



El centro del átomo es el *núcleo*, alrededor del cual gira cierta cantidad de electrones a gran velocidad. Los electrones son atraídos eléctricamente y sin cesar por el núcleo, con

mayor intensidad en cuanto más cerca estén de él. La atracción hacia el núcleo y la fuerza centrífuga en dirección opuesta se equilibran.

Como los electrones tienen carga negativa, el núcleo tendrá carga positiva. El núcleo está conformado por los neutrones y los protones, y estos últimos son los portadores de la carga eléctrica positiva (fig. 5). En el núcleo se encuentran tantos protones como electrones giran a su alrededor.

El núcleo de un átomo de cobre, por ejemplo, tiene 29 protones; a su alrededor giran por consiguiente 29 electrones.



Fig. 5

IONES

Como los electrones que giran en la órbita más apartada del núcleo son los menos ligados al átomo, ocurre a veces que algunos de ellos escapan. Entonces predomina la carga positiva existente en el núcleo y el átomo se convierte en un *ion positivo*. A la inversa, la envoltura de electrones

puede capturar adicionalmente un electrón libre, lo que por cierto ocurre con menor frecuencia. Entonces prevalece la carga negativa de la envoltura de electrones; el átomo se ha convertido en un *ion negativo*.

B. LA ELECTRICIDAD

Los primeros datos escritos sobre el comportamiento eléctrico son de hace aproximadamente 2.500 años. Muestran que los griegos conocían que el ámbar frotado con una tela atrae plumas, briznas de tela, y algunos objetos ligeros. El nombre griego del ámbar era "Elektron" de donde se derivó la palabra "eléctrico", que significa "que actúa como el ámbar", es decir, que tiene la propiedad de atraer. Un cuerpo de ebonita o de plástico adquiere la misma propiedad después de frotarlo en el cabello.

Hace mucho tiempo se daba el nombre de "cargar" a la operación de frotar que daba al plástico o a la ebonita la propiedad de atraer. Después de frotado, se decía que el objeto estaba "cargado". Se creía que la "carga" dada al objeto era una "carga de electricidad".

Desde el principio se encontró que existe una carga eléctrica positiva

(+) y otra negativa (-), y que las cargas de signo contrario se atraen, mientras las de igual signo se repelen.

Hace aproximadamente 300 años, unos

científicos empezaron a hacer un estudio sistemático del comportamiento de los cuerpos cargados. Encontraron que los efectos de repulsión eran tan importantes como los de atracción. Los materiales fueron clasificados en dos grupos:

GRUPO A	GRUPO B
Vidrio (frotado con seda) Vidrio (frotado con lana o algodón) Mica (frotada con tela) Asbesto (frotado con tela o papel) Lana (frotada con una barra de lacre)	Ebonita (frotada con lana). Bloque de azufre (frotado con lana o piel). La mayor parte de los hules (frotados con tela). El lacre (frotado con seda, lana o piel). Ambar (frotado con tela).

De estos resultados surgió la primera ley de la electricidad, conocida como *Ley de la atracción y La repulsión*.

"Las cargas de diferente nombre se atraen y las de igual nombre se repelen".

Es decir, que cualquier cuerpo "cargado" del grupo A atrae a cualquier cuerpo del grupo B y viceversa. A su vez, dos cuerpos del mismo grupo

se repelen entre sí. Después de sugerir varios nombres, se aceptaron los nombres propuestos por Benjamín Franklin: *Positivo* para los del grupo A, y *Negativo* para los del grupo B.

El cuerpo que encabezó la lista de cada grupo se usó como patrón de comparación. Si un objeto repele al vidrio que se había cargado con seda,

se decía que el objeto estaba "cargado positivamente". Si un cuerpo repelía a la ebonita que se había cargado frotándola con lana, se decía que el cuerpo se había "cargado negativamente". Esta fue la definición original de "positivo" y "negativo". Sin embargo, la elección de los signos no es muy acertada, pues luego se ha demostrado que en la electricidad interviene una sola clase de carga eléctrica, cuyos portadores son exclusivamente los *electrones*.

1. CONDUCTORES METALICOS

Todos los fenómenos que están relacionados con la conducción eléctrica tienen lugar en la capa *exterior* de electrones y entre los átomos. Los electrones interiores y el núcleo atómico no tienen en ellos participación alguna.

Cuanto más alejados están del núcleo atómico los electrones que giran a su alrededor, tanto más débil es la fuerza de atracción. El electrón solitario del estrato exterior está ligado por consiguiente tan sólo muy débilmente al átomo y se mueve de modo desordenado dentro del metal sólido como un *electrón de conducción* (EC) (fig. 6) desplazándose casi libremente a través de la textura metálica.

El electrón de conducción no pertenece por tanto ya a ningún átomo determinado del metal. Por este motivo, todos los átomos existentes en el compacto metal no son en realidad átomos eléctricamente neutros, sino iones positivos, que son mantenidos juntos por fuerzas de enlace latentes en el metal.

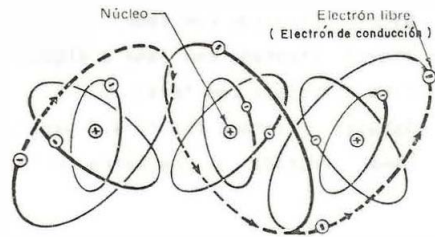


Fig. 6

Los electrones de conducción recorren el metal moviéndose desordenadamente, mientras afuera no esté aplicada ninguna tensión; en este movimiento no predomina ninguna dirección. Por el contrario, bajo el influjo de una tensión los electrones experimentan adicionalmente un movimiento ordenado y avanzan en zigzag hacia el polo positivo. La elevada conductividad eléctrica de los metales debe atribuirse sobre todo al enorme número de electrones de conducción. A propósito, estos electrones no sólo determinan

la conductividad eléctrica, sino que también son responsables de otras propiedades típicas de los metales, tales como la conductividad térmica, el color, el brillo y la dureza.

cinc y otros metales no son tan buenos conductores eléctricos como el cobre, la plata o el oro, debido a que sus electrones de conducción no pueden moverse con tanta libertad.

El hierro, el cobalto, el níquel, el

Clase de átomo	Símbolo químico	Número de electrones o protones por átomo	Número de electrones libres o de conducción por átomo
Cobre	Cu	29	1
Plata	Ag	47	1
Oro	Au	79	1

2. LA CONDUCCION ELECTRICA EN LOS METALES

Los metales son muy buenos conductores de la corriente eléctrica; los mejores a este respecto son la plata, el cobre, el oro y el aluminio. Según vimos antes, esto se debe a que existen muchísimos electrones que

pueden moverse casi con entera libertad por entre los átomos del metal (electrones de conducción). Cada átomo tiene por término medio un electrón de conducción. Un alambre de cobre de 1 metro de largo y 1mm^2 de sección contiene unos 85 mil trillones de átomos, y por consiguiente igual número de electrones de conducción.

Mientras el alambre está sin corriente, es decir, mientras en sus extremos no hay aplicada ninguna fuerza que los empuje por un extremo o lo atraiga en el otro, los electrones de conducción se mueven en total desorden.

Pero si se aplica o produce un fenómeno que los empuje, los electrones se mueven hacia un extremo del alambre, aunque no en línea recta, sino siguiendo un curso en zigzag, pues al igual que antes son lanzados de un lado a otro por los átomos, como pelotas de fútbol por los jugadores.

3. UNIDADES BÁSICAS DEL CIRCUITO ELÉCTRICO.

Al tratar de cualquier cantidad útil, ya sean verduras, varillas de acero o electrones, tiene que establecerse un sistema de medidas para mantenerse informado de la producción, traslado y uso del producto.

Existen tres medidas básicas que se utilizan en las corrientes de electrones que pasan por un alambre y que es necesario explicar ahora:

- a. El caudal de electrones, denominado *Intensidad* o *Amperaje*.
- b. La fuerza o presión que los hace moverse, conocida como *fuerza electromotriz* (f.e.m.) o *voltaje*.

- c. La oposición a su movimiento, denominada *Resistencia* y se mide en Ohmios.

Conviene que usted se familiarice con estos conceptos, pues serán utilizados con mucha frecuencia en el resto de ésta y en las siguientes cartillas instruccionales de electricidad automotriz. Por ello nos detendremos algo en su estudio.

- a. *Intensidad* o *Amperaje*. Al medir el caudal de la corriente de electrones estamos hablando de una medida de cantidad, y no de simple velocidad. En los aparatos eléctricos ordinarios es importante el número de electrones que pasa en un segundo, no su velocidad. La capacidad de las bombas de agua se clasifica en litros por minuto, la de los ventiladores en metros cúbicos por minuto, la del equipo para el manejo de granos en hectolitros por hora; todas éstas son medidas de cantidad.

Para empezar, necesitamos una unidad de medida de cantidad. Podríamos usar el número de electrones por segundo, pero pasan tantos que tendríamos que

usar números enormes. De la misma manera que juntamos y medimos los granos de trigo en hectolitros, juntaríamos 6.250.000.000.000.000.000 electrones y llamamos a esta cantidad un *coulomb* (unidad que se llama así en honor a Charles Coulomb, científico francés).

Medimos la corriente de electrones en coulombs por segundo, que se parece a la medida que se hace de la intensidad del tránsito en vehículos por hora, o a la medida de una corriente de aire en metro cúbicos por segundo, o a una corriente de agua en litros por segundo.

La circulación de los electrones es la corriente eléctrica.

Las palabras "coulombs por segundo" rara vez se oyen en las conversaciones, porque usamos otra palabra que significa lo mismo. Esa palabra es *amperio* (bautizada así en honor de Andrés Ampère, otro científico francés).

1 amperio es una corriente con un caudal de 1 coulomb por segundo.

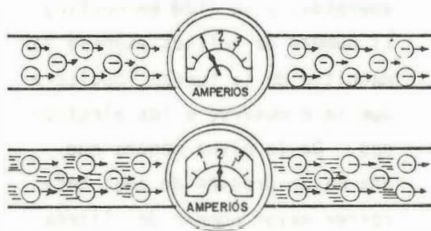


Fig. 7

- b. *Fuerza electromotriz* (f.e.m.) o *voltaje*. Según dijimos atrás, es la fuerza o presión que mueve los electrones. Para hacer que los electrones se muevan con provecho, hay que empujarlos. Puesto que están girando en órbitas y cambian lugares con otros electrones dentro de un material conductor, la fuerza o presión los obliga a caminar a lo largo del metal, en una dirección, y no andar deambulando sin rumbo. Esta fuerza o empuje que se aplica a los electrones ha sido llamada de varias maneras: una de ellas es "fuerza electromotriz" (f.e.m.).

Esta fuerza que mueve los electrones, la fuerza electromotriz, f.e.m., también llamada *presión eléctrica*, puede producirse por baterías, generadores y otros.

aparatos, y se mide en *voltios*. El número de voltios expresa la magnitud de la fuerza impulsora que hace moverse a los electrones. De la misma manera que una mayor presión de agua hace correr mayor número de litros por segundo de agua por un tubo, así un número mayor de voltios de presión eléctrica tenderá a producir mayor corriente de electrones.

Anteriormente vimos que un objeto cargado positivamente tiene menor número de electrones que cuando está sin carga. Así mismo, uno cargado negativamente tiene mayor número de electrones. En este último caso se dice que tiene un *potencial eléctrico*.

Si conectamos dos objetos con cargas diferentes, es decir, con "*diferencia de potencial*" (d.d.p.) el objeto con carga positiva atraerá los electrones libres del otro, y el objeto con carga negativa enviará hacia el conductor los electrones libres en exceso (fig. 8). Este traspaso de electrones de un cuerpo a otro a través del conductor que les sirve de camino es la "*corriente eléctrica*".

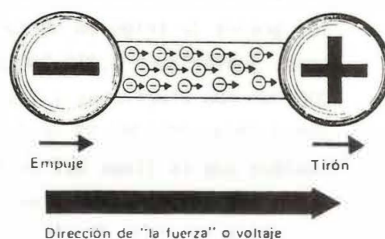


Fig. 8

La corriente durará hasta tanto los objetos vuelvan a tener un potencial igual o hasta que sea desconectado el conductor.

Si tomamos un conductor (fig. 9), y por algún medio forzamos sus electrones libres hacia uno de sus extremos, tendremos un "déficit" de electrones en un extremo (A), y un exceso en el extremo opuesto (B). Entre los extremos del conductor existirá una "diferencia de potencial" (d.d.p.).

El extremo con exceso de electrones será el punto *negativo* del conductor y el opuesto, con menos electrones libres, será el punto *positivo*.



Fig. 9

Al conectar un conductor entre los extremos del primero (fig. 10) se producirá un flujo de electrones, o una corriente eléctrica desde el polo negativo hacia el polo positivo.

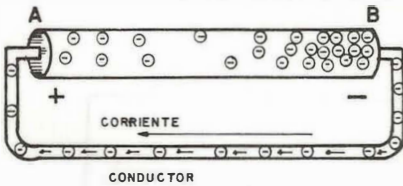


Fig. 10

De esta manera el polo A se cargará de electrones, convirtiéndose en polo negativo, y sucederá lo contrario con el polo B (fig. 11a).

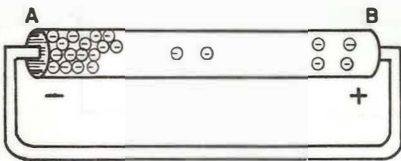


Fig. 11a

La corriente será también de negativo a positivo, pero irá ahora de A hacia B. (Fig. 11b)



Fig. 11b

La repetición de este ciclo es lo que se conoce como *tensión o voltaje alterno*, lo que produce una "*corriente alterna*".

- c. *Resistencia u Ohmiaje*. Como las pelotas de béisbol y los botes de remos, los electrones ordinariamente no continúan moviéndose eternamente después que han empezado a moverse. El rozamiento retarda el movimiento de los objetos comunes.

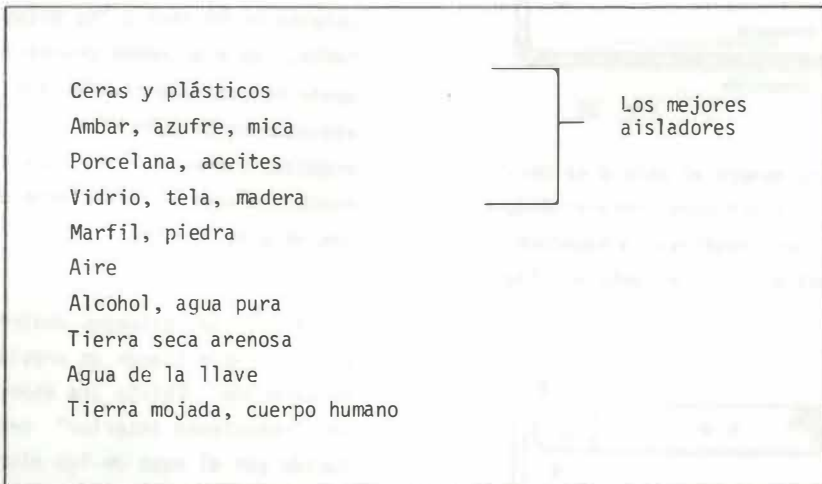
Los electrones situados dentro de un alambre tienen un problema parecido. Existe una especie de "rozamiento interior" producido por el paso de los electrones por el material; a esta oposición parecida al rozamiento se le llama *resistencia eléctrica*.

Los electrones se deslizan con facilidad a lo largo de un alambre de cobre, como un bote en el agua; en el hierro y en algunas aleaciones metálicas se mueven con relativa facilidad, pero no tanto como en el cobre.

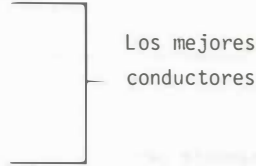
Existen muchísimos materiales en los que los electrones apenas pueden moverse, aunque se les aplique una presión o voltaje muy grande. Uno de estos materiales es el azufre. Tratar de mover electrones a través del azufre, el vidrio, el plástico o la porcelana produce

casi el mismo resultado que tratar de hacer caminar un bote de remos sobre un camino con pavimento de concreto o sobre un terreno arado.

En la lista que se acompaña se compara la resistencia de materiales comunes. Los de mayor resistencia (tan alta es, que incluso es difícil medirla) son los mejores *aisladores*; los de menor resistencia son los mejores *conductores*, y los materiales intermedios son malos conductores que, sin embargo, no tienen suficiente resistencia para llamarlos aisladores.



Acidos débiles
 Acidos fuertes y sales disueltas en agua
 Semiconductores (germanio)
 Carbón, grafito
 Aleaciones: latón, nicromo.
 Metales: hierro, tungsteno, aluminio, cobre, plata



Los aisladores son, en contraposición a los metales, conductores eléctricos sumamente malos, por lo que se les clasifica directamente como *dieléctricos* (no conducen), si bien se sabe que no existen dieléctricos perfectos. El ámbar, el vidrio, la porcelana, la mica y la ebonita fueron los materiales electroaislantes más importantes de otros tiempos. Hoy han sido ampliamente reemplazados por materias sintéticas especiales, tales como el polietileno, el poliéster, el teflón, el policarbonato y otros.

La unidad que se usa para medir la resistencia se llama *ohmio* (en honor al científico alemán G.S. Ohm). El ohm se definió como *la resistencia necesaria para que la presión de un voltio aplicada hiciera circular un amperio.*

La Ley de Ohm dice que cuando se aumenta el voltaje (f.e.m.) en un aparato, circulará una corriente mayor; además, cuando se aumenta la resistencia sin cambiar la f.e.m., circulará una corriente menor. Estas ideas se combinan y se expresan en una útil fórmula:

$$\text{Amperios de corriente} = \frac{\text{Fuerza electromotriz en voltios}}{\text{Ohmios de resistencia}}$$

La corriente es directamente proporcional a la fuerza electromotriz aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia.

Por ejemplo, si se conecta una lámpara de 8 ohmios a una batería de 12 voltios, la corriente será igual a $12 \text{ voltios} \div 8 \text{ ohmios} = 1.5 \text{ amperios}$.

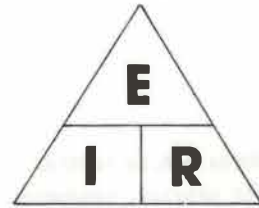
Para abreviar esta fórmula todavía más, se escribe generalmente:

$$I = \frac{E}{R}$$

I (de un viejo término, "intensidad de la corriente") representa la corriente en amperios, E representa la f.e.m. en voltios y R su resistencia en ohmios.

De la fórmula se pueden deducir otras fórmulas útiles:

$$E = I.R \quad \text{y} \quad R = \frac{E}{I}$$



La resistencia también se representa con el signo omega (Ω).
Ejemplo: 60 ohmios = 60Ω

4. LEY DE WATT

La unidad de potencia eléctrica es el vatio, y se define como sigue:

El vatio es la energía disipada en un segundo por una corriente constante de un amperio cuando la diferencia de potencial (d.d.p.) es de un voltio.

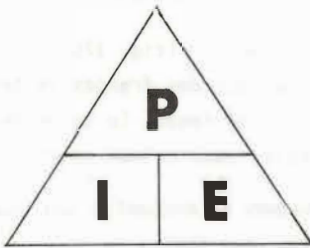
La potencia en vatios es por lo tanto igual al producto de los voltios por los amperios. O sea:

$$P = E \cdot I$$

Donde P = Potencia (en vatios).

E = Diferencia de potencial (voltios).

I = Intensidad de la corriente (amperios).



Si reemplazamos en esta fórmula el valor de E, que según la Ley de Ohm era $E = I \cdot R$, tendremos:

$$P = (I \cdot R) \cdot I$$

$$P = I^2 \cdot R$$

Y si reemplazamos el valor de I, que según la Ley de Ohm era $I = \frac{E}{R}$, se tiene:

$$P = \left(\frac{E}{R}\right)^2 R$$

$$P = \frac{E^2}{R}$$

Otro concepto que debe conocerse es el de *resistividad* que no es otra cosa que el coeficiente de resistencia y varía de acuerdo con el material que se emplea como conductor de la electricidad.

La resistividad de los materiales más comunes puede observarse en la siguiente tabla:

	Ohmios
Plata	0.016
Cobre	0.0175
Aluminio	0.031
Tungsteno	0.054
Zinc	0.061
Platino	0.095
Hierro	0.10 a 0.15
Estaño	0.11 a 0.14
Níquel	0.13
Plomo	0.204

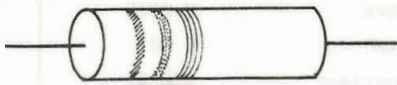
Resistividad de diferentes metales a

20°C por m/mm^2 .

Para indicar el valor de la resistencia se emplean franjas de colores (fig. 12a) que representan un código universalmente aceptado.

Tal código es el siguiente:

negro	0
azul	1
rojo	2
naranja	3
amarillo	4
verde	5
azul	6
violeta	7
gris	8
blanco	9



FRANJAS DE COLORES QUE INDICAN EL VALOR DE LA RESISTENCIA.

Fig. 12a

Se comienza la lectura por el color más cercano al extremo de la resistencia. La primera franja, se reemplaza por el número que corresponda según su color; lo mismo se hace con la segunda. La tercera indica el número de ceros que deben agregarse a los dígitos anteriores.

Por ejemplo, si hallamos una resistencia con franja roja, azul y verde respectivamente desde el extremo más cercano, su valor será:

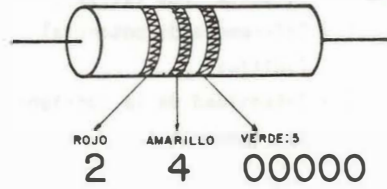


Fig. 12b

2.400.000 Ohmios (fig. 12b). Si no hubiera más que dos franjas se tomará el color de fondo (o color de la resistencia) como primer color.

En ocasiones se encuentra una cuarta franja, que indica la tolerancia del valor de la resistencia. Esta franja puede ser de tres clases, según se indica a continuación.

Oro	= Tolerancia: ± 5%
Plata	= Tolerancia: ± 10%
Sin color	= Tolerancia: ± 20%

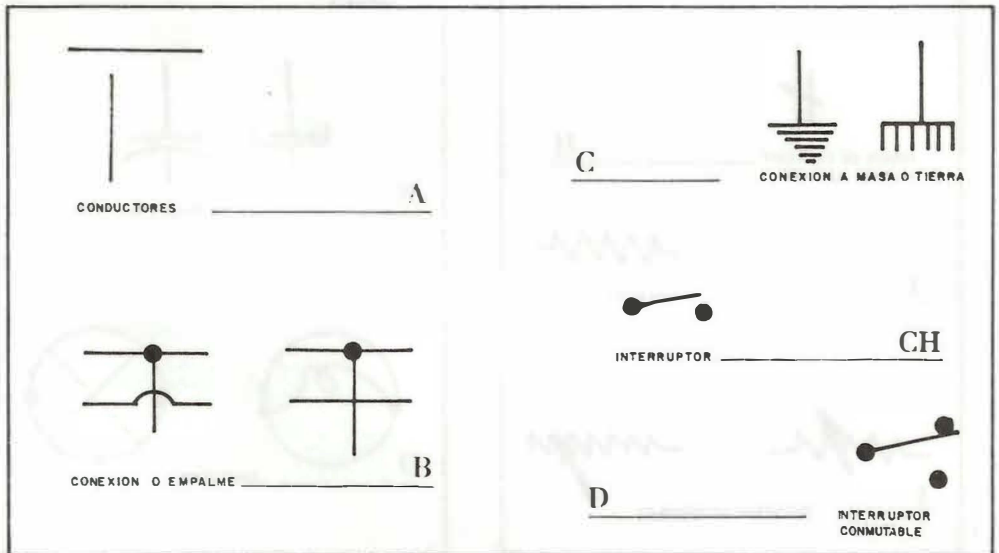
2. CIRCUITOS

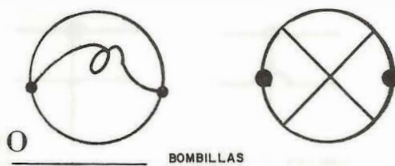
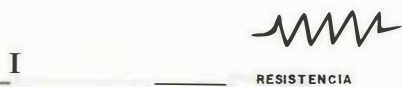
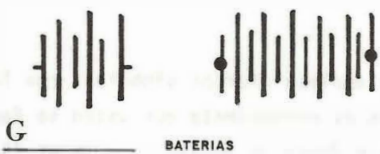
OBJETIVO INTERMEDIO 2. Luego de estudiar este tema, el alumno estará capacitado para explicar la naturaleza y el funcionamiento de los circuitos en serie, en paralelo y mixto, y el papel que juegan los fusibles.

A. SIMBOLOS DE REPRESENTACION

Conocidos los fundamentos de la electricidad, estudiaremos los diversos circuitos. En su representación esquemática

se emplean ciertos símbolos, con los cuales es conveniente que usted se familiarice desde un principio. Tales símbolos son:







BOMBILLA DE UN FILAMENTO _____



BOMBILLA DE DOS FILAMENTOS

P _____



BOBINA O SOLENOIDE

Q _____



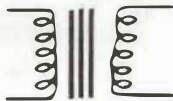
NUCLEO

R _____



REACTANCIA

S _____



TRANSFORMADOR

T _____



VOLTIMETRO _____ U



AMPERIMETRO _____ V



W _____ OHMIOMETRO



X _____

CONTINUIDAD DE UN MAZO DE CABLES



Y _____ DIODO



Z _____



DIODOS ZENER



B. CIRCUITOS EN SERIE

Cuando se conectan aparatos de tal manera que exista solamente una trayectoria para los electrones, se dice que los aparatos están conectados *en serie*. Necesariamente, en cada aparato pasa una corriente de la misma intensidad que en todos los demás (fig. 1).

Todos estamos familiarizados con las series de bombillos para el árbol de Navidad, en las que se apagan todos los bombillos cuando uno de ellos se funde.

Cuando se funde uno cualquiera, su filamento queda fuera del circuito, lo que produce el mismo efecto que si se interrumpiera el circuito. Cuando los electrones no pueden circular a través de un bombillo, tampoco lo puede hacer en el resto de ellos. Cambiando el bombillo defectuoso se permite el paso de la co-



Fig. 1

rriente por todo el circuito. Cada aparato conectado *en serie* debe tener la misma corriente que el resto, porque existe solamente un camino que los electrones pueden tomar.

1. RESISTENCIA TOTAL DE UN CIRCUITO EN SERIE

Una resistencia de 30 ohmios conectada a una fuente de 120 voltios tiene una corriente de 4 amperios (ley de Ohm).

$$I = \frac{120}{30} = 4 \text{ (fig. 1)}$$

Si conectamos en serie dos resistencias de 30 ohmios, los electrones encuentran el doble de oposición cuando tratan de completar el circuito; es decir, tienen que vencer una resistencia total de 60 ohmios.

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{60} = 2 \text{ amperios (fig. 2)}$$

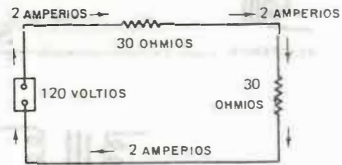


Fig. 2

La resistencia total de un circuito en serie es la suma de las resistencias individuales.

Problema: Están conectados en serie, en un árbol de Navidad, ocho bombillos de 30 ohmios cada uno, a una línea de 120 voltios (véase la figura 3). Determinése la corriente.

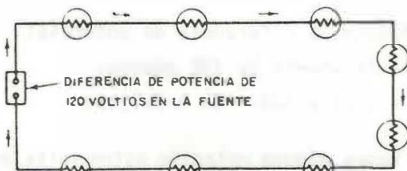


Fig. 3 Circuito en serie

Para usar la ley de Ohm para todo el circuito se procede en esta forma:

$$\text{CORRIENTE EN EL CIRCUITO} = \frac{\text{VOLTAJE APLICADO A TODO EL CIRCUITO}}{\text{RESISTENCIA TOTAL DEL CIRCUITO}}$$

$$I = \frac{E}{R} \quad I = \frac{120 \text{ VOLTIOS}}{240 \text{ OHMIOS}} = 0.5 \text{ AMPERIOS}$$

Esta corriente de 0.5 amperios en un bombillo, es la misma en todo el circuito. En un circuito en serie sólo hay una corriente.

Para determinar la corriente en un circuito en serie se usa la resistencia total y el voltaje de la línea aplicada al circuito.

Los circuitos en serie son comunes en el equipo eléctrico. Los filamentos de los tubos de los radios pequeños generalmente están en serie. Por eso cuando un filamento se funde, los tubos no encienden. Algunos televisores tienen unos cuantos filamentos de los tubos conectados en serie. Para economizar alambre en las instalaciones, las lámparas incandescentes de las calles generalmente se conectan en serie. Cuando se rompe un filamento, un dispositivo del portalámpara cierra el circuito para permitir el paso de la corriente a las demás lámparas en el grupo de la serie.

2. AMPERIOS, VOLTIOS Y OHMIOS EN LOS CIRCUITOS EN SERIE

La ley de Ohm se aplica a *cada parte* del circuito en serie, tanto como a *todo* el circuito.

Utilizaremos, como ejemplo, cinco filamentos en serie de tubos de un radio, teniendo datos de las resistencias y el voltaje de la línea (fig. 4):

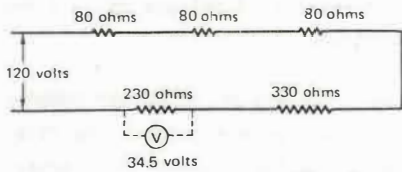


Fig. 4

- a) Determinése la corriente en cada resistencia.
 - b) Determinése la diferencia de potencial en cada resistencia.
- a) Se resuelve, como anteriormente, usando la resistencia *total*
 $80+80+80+330+230= 800$ ohmios.

$$I = \frac{E}{R} = \frac{120}{800} = 0.15 \text{ amperios}$$

- b) Para medir la diferencia de potencial entre los extremos de una resistencia de 230 ohmios, se conectaría un voltímetro a la resistencia de 230 ohmios como se muestra en el diagrama. La lectura del voltaje del medidor está determinada solamente por los 230 ohmios y los 0.15 amperios que pasan por la

resistencia. La ley de Ohm puede aplicarse solamente a esta parte del circuito:

$$E = IR \text{ Voltios en una resistencia} = \text{corriente} \times \text{ohmios en una resistencia}$$

$$E = 0.15 \times 230 = 34.5 \text{ Voltios}$$

De la misma manera, podemos determinar la lectura del voltaje en cualquiera de los filamentos de 80 ohmios.

$$E = 0.15 \times 80 = 12 \text{ voltios por cada filamento de 80 ohmios.}$$

Añádase la diferencia de potencial del filamento de 330 ohmios:

$$E = 0.15 \times 330 = 49.5 \text{ voltios}$$

¿Tienen alguna relación estos voltajes separados con los 120 voltios aplicados al circuito? Sí; no es ninguna casualidad que estos cinco voltajes (34.5, 12, 12, 12, y 49.5) sumen 120 voltios. Estos "voltajes parciales" demuestran de qué manera se distribuye la energía entre las resistencias conectadas en serie.

La suma de los voltajes individuales es igual al voltaje total aplicado a la línea.

Vamos a ver otro ejemplo en el que se aplican los principios de los circuitos en serie. Con los datos que se dan en el diagrama, determinése:

- a) la corriente en R_2 ,
 - b) la diferencia de potencial a través de R_2 .
- a) Para determinar la corriente en R_2 , podría probarse primero la ley de Ohm, pero E e I todavía

no se conocen. Obsérvese en el diagrama que la corriente en R_2 debe ser la *misma* que en R_1 que podemos determinar de $I = E/R$, usando voltios y para una sola resistencia.

$$I = 20 \text{ V} / 10 \text{ ohmios} = 2 \text{ amperios} \quad (\text{para todas las partes del circuito}).$$

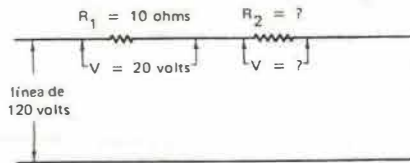


Fig. 5

- b) Para determinar los voltios en R_2 , probamos de nuevo la ley de Ohm, $E = I.R.$, pero todavía nos falta el valor de R_2 en ohmios. Recuérdense que deben sumarse los voltajes individuales para obtener el voltaje de 120 aplicado a la línea. El voltaje en R_2 debe ser de 100 voltios que, sumados con los 20 voltios de R_1 , dan el total de 120 voltios. Ahora que tenemos la corriente en R_2 , 2 amperios, y el voltaje en R_2 , 100 voltios, podemos determinar también los ohmios para R_2 : $R = 100/2 = 50 \text{ ohmios}$.

3. CAIDA DE VOLTAJE EN UNA LINEA

¿Por qué disminuye la luz en una casa cuando se enciende un motor? Esto puede explicarse por la ley de Ohm y por la aplicación del principio de los circuitos en serie: *La suma de los voltajes individuales es igual al voltaje total.*

Supongamos que cada alambre de conexión a la casa tenga la resistencia de $1/2$ ohmio y que los bombillos de la casa produzcan en la línea una corriente de 2 amperios. Tenemos, entonces, un circuito en serie, y podemos calcular el voltaje en la casa.

Cada alambre de la línea es, en efecto, una resistencia de 1/2 ohmio en la que circulan 2 amperios. $E = I.R = 2 \times 1/2 = 1$ voltio que es la energía potencial gastada para conservar la corriente de 2 amperios en el alambre de 1/2 ohmio. Se gasta 1 voltio

en cada alambre, de modo que, restándolos de 120, quedan 118 voltios de diferencia de potencial entre los alambres de la casa. Si se conecta un motor, de manera que la corriente de la línea cambie de 2 a 20 amperios, se usarán más voltios en la línea que conecta la casa.

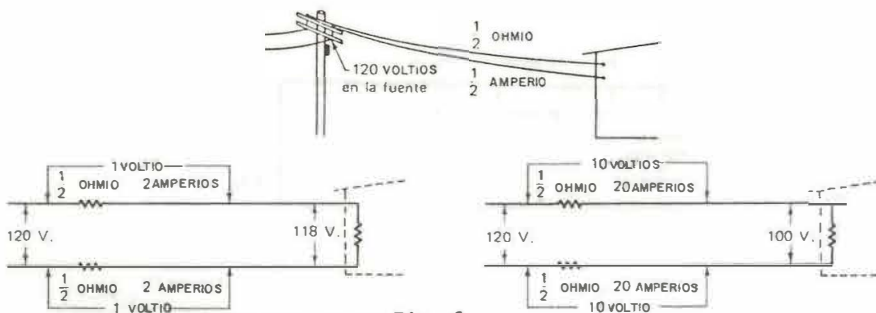


Fig. 6

$E = IR = 20 \times 1/2 = 10$ voltios para un alambre, y otros 10 voltios para el otro. Restando estos 20 voltios de los 120, quedan 100 voltios a la entrada de la casa.

Con 2 amperios en la línea, el voltaje en la casa era 118 voltios. Con 20 amperios, el voltaje en la casa es 100 voltios. Las luces son más débiles con 100 voltios que con 118 porque, cuando el voltaje disminuye,

circula menos corriente en los bombillos. Estos 2 o 20 voltios perdidos se llaman *caída de voltaje en la línea* y, por la ley de Ohm, depende de la resistencia y corriente que tenga la línea.

4. VOLTAJE EN UN ELEMENTO ABIERTO EN UN CIRCUITO EN SERIE

Hubo antes en este circuito en serie siete bombillos, pero se quitó uno.

¿Qué voltaje hay en el portalámparas vacío, si es que hay alguno?



Una forma de obtener la respuesta es calcular cuántos de los 220 voltios se consumieron en cada uno de los seis bombillos restantes, usando $E = IR$. La corriente en cada bombillo es cero; por tanto, se consumieron cero voltios en cada bombillo, de manera que en el portalámparas vacío aparece el potencial de 220 voltios completo.

El mismo razonamiento se aplica al voltaje en un interruptor abierto. La presión existe, aunque no produzca ninguna corriente.

los electrones a través de cada aparato en una trayectoria separada, se dice que los aparatos están conectados *en paralelo* o derivación (figs. 8 y 9).

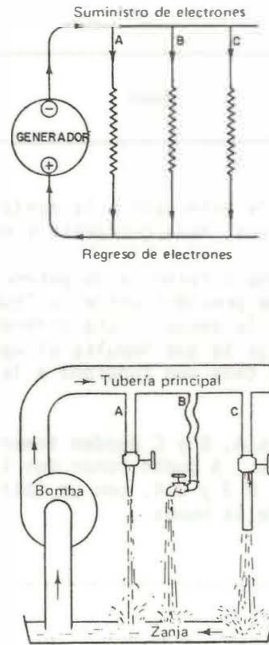


Fig. 9

C. CIRCUITOS EN PARALELO

Cuando dos o más aparatos se conectan a una fuente de energía de manera que la corriente total se divida, circulando

Todo el mundo usa circuitos en paralelo. Las diferentes lámparas y aparatos eléctricos de una casa se conectan en paralelo, para poder operarlos independientemente. Un circuito en serie es de

"todos o ninguno", en el que funciona todo o nada. Si los aparatos tienen que ponerse a funcionar y desconectarse por separado, sin afectar a otros, tienen que conectarse en paralelo. Nótese en los

circuitos que se dibujan en la página anterior, cómo se divide la corriente y se recombina. Compárese el circuito de electrones de la figura 8 con el circuito hidráulico de la figura 9.

AGUA	ELECTRONES
<ul style="list-style-type: none"> . La tubería principal y la zanja están llenas de agua, haya corriente o no. . Existe una diferencia de potencial (diferencia de presión) entre la "tubería principal" y la zanja. Esta diferencia de potencial es la que impulsa el agua en cada aparato; cada uno funciona a la misma presión. . Las ramas A, B y C pueden tener corrientes separadas. A puede tener dos litros por segundo, B 3 y C 4, con un total de 9 a través de la bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> . Los alambres están llenos de electrones, haya corriente o no. . Existe una diferencia de potencial (voltios) entre el "suministro de electrones" y "los que regresan". Esta diferencia de potencial es la que impulsa electrones a través de cada aparato; todos funcionan con el mismo voltaje. . Las ramas A, B y C pueden tener corrientes separadas. A puede tener 2 amperios; B 3 amperios, y C 4 amperios, con un total de 9 a través del generador.

1. AMPERIOS, VOLTIOS Y OHMIOS EN CIRCUITOS EN PARALELO

Nótese en la fig. 10 que cada interruptor controla solamente un aparato. Si todos los interruptores están abiertos, no hay corriente, pero

la diferencia de potencial de 120 voltios existe entre los dos alambres de la línea.

Recuerde que en un circuito en paralelo sencillo, todos los aparatos funcionan al mismo voltaje de la línea.



Fig. 10

Suponiendo que los interruptores están cerrados, la corriente que circula en cada aparato se encuentra por la ley de Ohm, $I = \frac{E}{R}$:

Para A: $\frac{120}{240} = 0.5$ amperios

Para B: $\frac{120}{72} = 1.67$ amperios

Para C: $\frac{120}{300} = 0.4$ amperios

Para determinar la corriente en X: Todos los electrones pasan por el punto X, es decir, la corriente en X es $0.5 + 1.67 + 0.4 = 2.57$ amperios.

Recuerde que la corriente total en un circuito en paralelo es la suma de las corrientes individuales.

¿Cuál es la intensidad de la corriente en el punto Y? El diagrama muestra que deben pasar electrones por el punto Y en su camino a B y C, de manera que la corriente en Y es $1.67 + 0.4 = 2.07$ amperios.

Otro ejemplo, usando los principios anteriores: R puede determinarse con la ley de Ohm, si podemos encontrar primero la corriente en R.

La resistencia de 30 ohmios en 120 voltios ¿cuánta corriente puede tener? $I = 120/30 = 4$ amperios. Si la corriente total es 10 amperios, entonces la resistencia desconocida debe tener una corriente de 6 amperios.

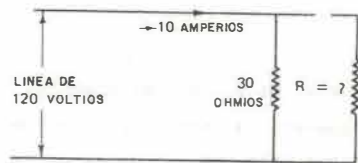


Fig. 11

$$R = \frac{120}{6} = 20 \text{ ohmios}$$

2. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA TOTAL DE UNA COMBINACION DE RESISTENCIAS EN PARALELO

Para calcular la resistencia total de un grupo de resistencias en paralelo basta aplicar la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

Donde R es la resistencia total y cada "r" es una resistencia del grupo.

Ejemplo: Determinar la resistencia total del siguiente grupo de resistencias: 30, 20 y 10 ohmios.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20} + \frac{1}{10} \quad \therefore \frac{1}{R} = \frac{2}{60} + \frac{3}{60} + \frac{6}{60}$$

$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{11}{60} \quad \therefore \frac{R}{1} = \frac{11}{60} \quad \therefore R = 5.45 \text{ ohmios}$$

Obsérvese que si las resistencias fueran iguales, la fórmula podría simplificarse puesto que

$$\frac{1}{R} \text{ sería igual a } n\left(\frac{1}{r}\right)$$

$$\text{o sea: } \frac{1}{R} = \frac{n}{r} \quad \therefore R = \frac{r}{n}$$

En otras palabras, cuando las resistencias sean iguales basta dividir el valor de una de ellas por el número de resistencias del grupo.

Ejemplo: Están conectadas en paralelo cuatro resistencias, cada una de 12.000 ohmios. ¿Cuál es la resistencia total?

$$\text{Solución: } R = \frac{12.000}{4} = 3.000 \text{ ohmios.}$$

Finalmente, suele darse el caso de que un circuito en paralelo tenga sólo dos resistencias que, además, son diferentes. En tal caso se divide su producto entre su suma. Es decir:

$$R = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2}$$

Ejemplo: Se conectan en paralelo una resistencia de 30 ohmios y otra de 20. Determinese la resistencia total.

$$\text{Solución: } R = \frac{\text{Producto}}{\text{Suma}}$$

$$\frac{30 \times 20}{30 + 20} = \frac{600}{50} = 12 \text{ ohmios.}$$

3. CONDUCTANCIA

Puede considerarse que el término *conductancia* significa lo contrario que resistencia. Un buen conductor tiene elevada conductancia y baja resistencia. Numéricamente, la conductancia es la recíproca de la resistencia:

$$\text{Conductancia} = \frac{1}{\text{Resistencia}}$$

La unidad de medida de la conductancia es el "mho"; bastante razonable, porque es "ohm" deletreado al revés.

Y como el signo de la resistencia es Ω , el de la conductancia es exactamente el contrario: \mathcal{S}

Refiriéndonos a la figura 9 abriendo más llaves se aumenta la conductancia del circuito. En la misma forma, en la figura 8, conectando más aparatos en paralelo se aumenta la conductancia del circuito.

El primer método que se dio para la combinación de resistencias en paralelo, como ya se explicó, se basa en la idea de añadir conductancias. Si las resistencias tienen valores de 30, 20 y 10 ohmios, entonces los números $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{20}$ y $\frac{1}{10}$ son sus conductancias. Sumándolos se obtiene la conductancia total del circuito, que es de $\frac{11}{60}$ mhos.

4. EL CIRCUITO QUE A NADIE LE GUSTA: ¡EL CORTO CIRCUITO!

Una conexión en paralelo de muy baja resistencia, causada a menudo accidentalmente, se llama *corto circuito*.

Por ejemplo, el aislamiento roto del cordón de un aparato puede permitir que los alambres se toquen entre sí, formando una trayectoria de resistencia prácticamente igual a cero,

lo cual permite que circule una corriente irrazonablemente grande en los alambres que van al lugar del contacto.

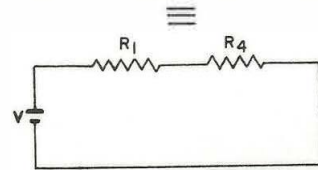
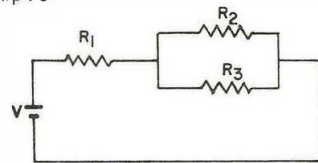
En conclusión, un corto circuito es un circuito con la menor resistencia; su nombre lo dice: es el circuito (o camino) más corto para que los electrones retornen a la fuente.

D. CIRCUITO MIXTO

Es un circuito en el cual se tienen grupos de resistencias en serie y grupos de resistencias en paralelo.

Cuando se da este caso, cada grupo de resistencias en paralelo se sustituye previamente por una resistencia equivalente y el conjunto queda reducido al caso de un circuito en serie.

Ejemplo:



DONDE $R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$

E. FUSIBLES

Si por un conductor delgado se hace pasar un alto amperaje, el conductor se calienta y puede fundirse, con riesgo de causar un incendio. Para prevenir esto, se suele colocar en algún lugar del conductor un trozo calibrado de hilo de plomo conocido como *fusible*, que se fundirá cuando el amperaje del conductor aumente más allá de lo determinado. Al fundirse el fusible, se interrumpe el circuito.

Cuando se presenta un corto circuito (fig.12) el amperaje aumenta, elevándose la temperatura en el conductor. Por eso los circuitos eléctricos deben incluir un fusible para prevenir los daños ocasionados por un corto circuito.

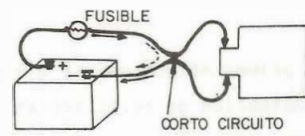


fig.12

3. ARMADO DE UN CIRCUITO ELECTRICO

OBJETIVO INTERMEDIO 3. Luego de estudiar este tema, el alumno no estará capacitado para explicar el procedimiento de armado de un circuito eléctrico sencillo.

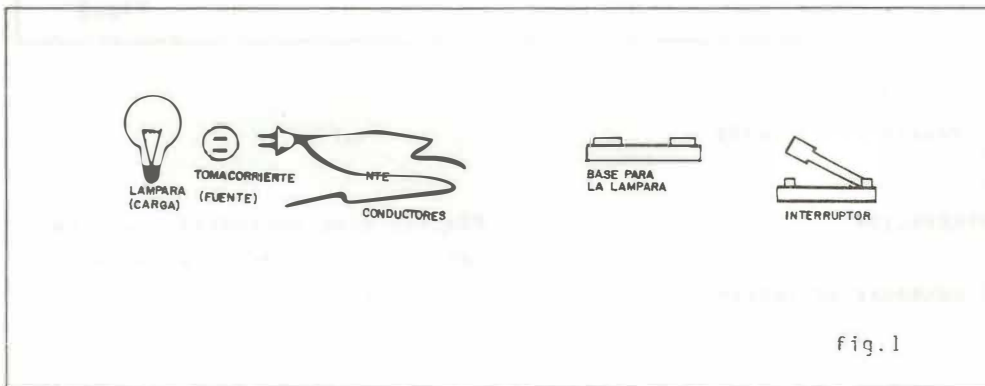
Un circuito eléctrico tiene varios elementos llamados *componentes* que cuando se ligan entre sí permiten la circulación de la corriente.

Para armar un circuito sencillo usted deberá seguir estos pasos:

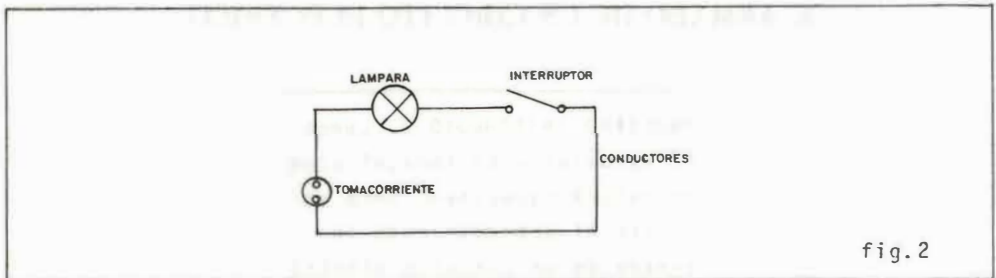
1° Determine los elementos del sistema (fig.1).

OBSERVACION

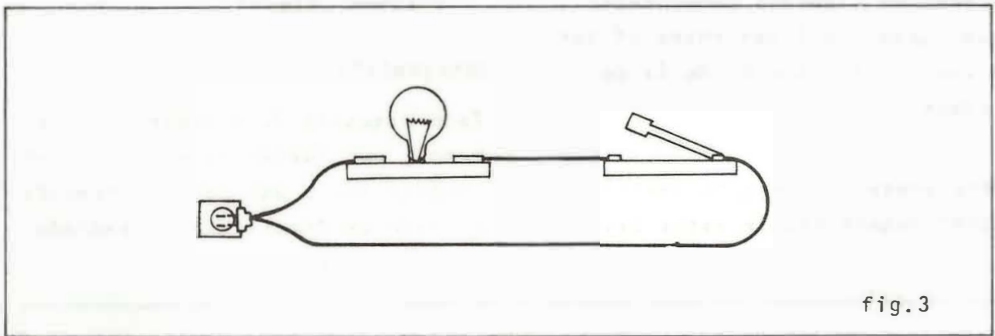
Todo circuito debe tener, cuando menos, una fuente de energía, unos conductores y una carga (elemento a donde se transfiere la energía de la fuente).



2° Dibuje el esquema (fig.2).



3° Monte el circuito de acuerdo con el esquema (fig.3)



4° Pruebe el circuito

OBSERVACION

Al cerrarse el interruptor, la

lámpara debe encenderse como señal de que hay circulación de corriente.

GRUPO DE TRABAJO

Instructor: **AICARDO AGUDELO**
(Regional Medellín)

Profesionales: **LEON DARIO RESTREPO A.**
RODRIGO CONCHA P. (ATA)

AUTOMOTRIZ
Unidades del Módulo
Básico

1. Conocimiento del vehículo
2. Introducción a los motores de gasolina
3. Principios de electricidad
4. Herramientas empleadas en automotriz
5. Metrología
6. Trazado y graneteado
7. Aserrado
8. Limado
9. Taladrado
10. Roscado

"Este material se puede adquirir en los centros del SENA de todo el país"

Publicaciones SENA
Dirección General
Octubre - 1992