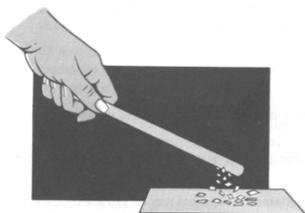


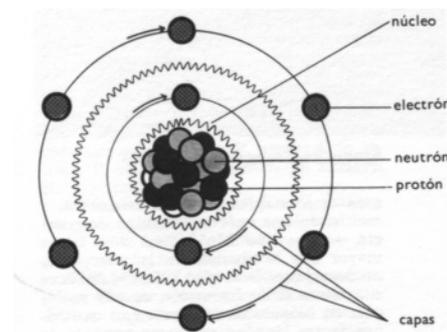
## CIRCUITOS ELÉCTRICOS

### LA ELECTRICIDAD



Frotando varias veces tu bolígrafo de plástico con tu camisa o chaleco y acercándolo después a una bolita de papel, podrás observar que la atrae. A veces ocurre, mientras nos peinamos, que nuestros cabellos son atraídos por el peine. Esto es debido al efecto **electrostático**, es decir, que al frotar esos objetos han adquirido **carga eléctrica**.

Recordarás que los átomos están formados esencialmente por tres tipos de partículas: *neutrones*, *protones* y *electrones*. Los dos primeros forman el núcleo del átomo mientras que los electrones giran alrededor de él. Si no fuera así, los electrones se estrellarían contra el núcleo debido a que tienen carga negativa y se verían atraídos por los protones, que tienen carga positiva. Los átomos de algunos elementos son más propensos que otros a captar o perder electrones. Si se produce una pérdida de electrones, el átomo queda cargado positivamente, mientras que si los gana quedará cargado negativamente. Esto explica las experiencias citadas: con el frotamiento se produce un transvase de electrones de un cuerpo a otro y la consiguiente atracción.



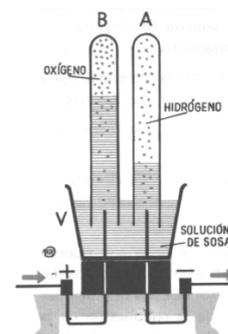
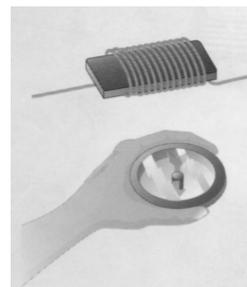
**La corriente eléctrica se debe entonces al movimiento de electrones, que circulan desde donde hay más a donde hay menos (del polo negativo al polo positivo).** Sin embargo, aunque este es el sentido real, convencionalmente se adopta el que se creía en un principio, esto es, del polo positivo al negativo

Para que se produzca una corriente eléctrica, es necesario un medio o material conductor que permita el movimiento de los electrones. Estos materiales se llaman **conductores eléctricos**, a diferencia de los dieléctricos o aislantes. Los metales son buenos conductores (el mejor la plata, seguido del cobre), mientras que los plásticos y la madera son **aislantes** (salvo que estén húmedos).

### EFFECTOS PRODUCIDOS POR LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Además del efecto comentado anteriormente (electrostático), la electricidad puede manifestarse a través de los siguientes efectos:

1. **Luminoso:** empleando lámparas.
2. **Calorífico:** su paso a través de materiales desprende calor (calefactores eléctricos).
3. **Electrodinámico:** con dispositivos adecuados produce movimiento (motores eléctricos).
4. **Electromagnético:** produce campos magnéticos, comportándose como imanes (electroimanes).
5. **Electroquímico:** causa reacciones químicas (electrolisis del agua, galvanizado...).



Los efectos mencionados son aprovechados por la Tecnología para satisfacer nuestras necesidades. Pero la electricidad también puede causar **efectos muy perjudiciales para la salud**, a través de contactos **directos** (contacto con cable conductor) o **indirectos** (contacto con un objeto conductor que a su vez lo está con un cable). La gravedad que produzca la descarga dependerá de varios factores:

- del recorrido de la corriente a través del cuerpo.
- de la resistencia que se ofrece al paso de la corriente.
- de la capacidad de reacción de la persona, constitución física, estado de ánimo.
- del tiempo de contacto.
- de la cantidad de corriente que circule por el cuerpo:
  - 1 a 3 mA: sensación soportable.
  - 3 a 25 mA: contracciones musculares, quemaduras, aumento de la tensión sanguínea.
  - 25 a 75 mA: asfixia, fibrilación ventricular.
  - Más de 75 mA: paro respiratorio y fibrilación ventricular irreversible: muerte.



**¡ATENCIÓN! Cuidado al realizar trabajos con la electricidad. Utiliza las herramientas apropiadas.**

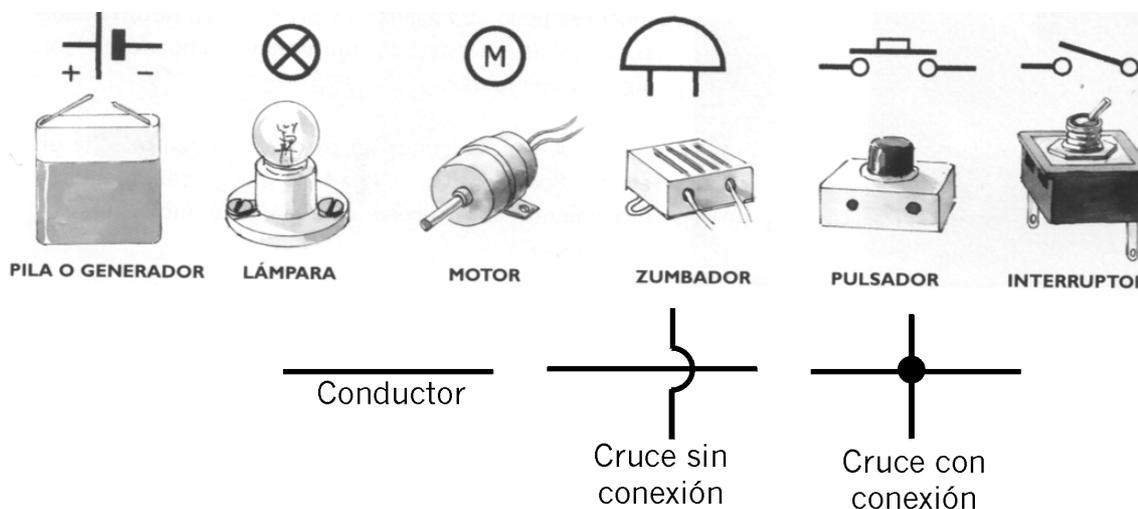
## EL CIRCUITO ELÉCTRICO

Recibe el nombre de circuito eléctrico el conjunto de elementos dispuestos de tal forma que permite la circulación de corriente eléctrica. Evidentemente, con el conexionado de estos elementos se persigue un fin concreto, que en caso de conseguirse indicará el buen funcionamiento del circuito. Para que la circulación sea efectiva, debemos comprobar que las conexiones se han realizado correctamente y que no existen posibilidades de que se produzcan *corrientes de derivación* (recorrido de parte de la corriente fuera del circuito).

ELEMENTOS BÁSICOS DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO	
<b>Generadores</b>	Elementos capaces de generar la energía eléctrica ( <i>pilas, acumuladores eléctricos, dinamos...</i> )
<b>Receptores</b>	Aparatos que transforman la energía eléctrica en otro tipo ( <i>bombillas, motores, timbres...</i> ).
<b>Operadores de maniobra</b>	Su misión es controlar la corriente del circuito ( <i>interruptores, conmutadores, pulsadores...</i> )
<b>Elementos de protección</b>	Su misión es proteger los elementos del circuito contra cortocircuitos y sobrecargas y para seguridad de las personas ( <i>fusibles, interruptor diferencial, interruptor magnetotérmico...</i> )
<b>Conductores</b>	Se encargan de conectar entre sí todos los elementos del circuito ( <i>cables</i> ).

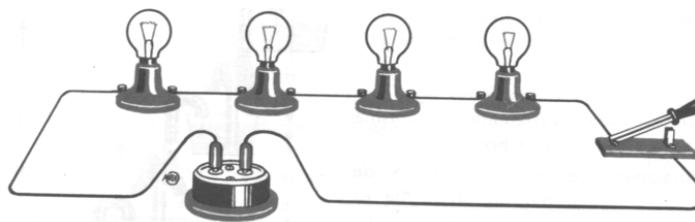
Los circuitos se representan dibujando esquemáticamente sus componentes. La **Normalización** aplica a cada elemento un símbolo. De esta forma se pueden representar circuitos sencillos o complejos con mayor claridad.

### ALGUNOS ELEMENTOS Y SUS SÍMBOLOS



## Circuito abierto y circuito cerrado

Para que los electrones circulen a través de los componentes de un circuito, es necesario que el “camino” esté **cerrado**, es decir, que presente una continuidad de principio a fin. En caso contrario, como sucede en la figura, al estar el camino interrumpido (obsérvese la posición del interruptor), no será posible que aparezca corriente eléctrica en ningún punto: el circuito está **abierto**.



En la posición indicada, tampoco hay corriente eléctrica en el enchufe, pero sí *diferencia de potencial o voltaje* (lo definiremos después). Si accionamos el interruptor, el circuito “se cerrará” y se producirá una corriente eléctrica. ¿Qué crees que ocurrirá si quitamos o se funde una de las bombillas?

## Circuito serie, paralelo y mixto

Los elementos de un circuito pueden montarse de varias formas: en serie, en paralelo y mixto.

SERIE	Los componentes están conectados uno a continuación de otro, de tal forma que sólo hay un recorrido en todo el circuito. Por todos ellos pasa la misma cantidad de corriente eléctrica.	
PARALELO	Los elementos se disponen de tal manera que todos están sometidos al mismo voltaje, pero no pasa por ellos la misma cantidad de corriente (salvo que sean iguales). El circuito puede recorrerse por varios caminos.	
MIXTO	Se trata de un circuito más complejo, con elementos conectados en serie y en paralelo.	

## MAGNITUDES ELÉCTRICAS

### Tensión o diferencia de potencial

Llamada también *voltaje*, es la energía que se transmite a la unidad de carga. Se mide en **VOLTIOS**, símbolo V. Si una pila tiene mayor voltaje que otra, producirá una corriente de electrones con más fuerza, pero no necesariamente más cantidad, pues esto dependerá de la cantidad de energía eléctrica almacenada en la pila (si es grande o pequeña). El voltaje es comparable a un salto de agua: cuanto más alta sea la caída, mayor fuerza en el golpe.

### Intensidad de corriente

Es la cantidad de carga eléctrica que circula por un elemento eléctrico en un instante determinado. Su unidad es el **AMPERIO**, símbolo A, equivalente a la carga de 1 culombio por segundo (1 c/s). La intensidad que circula por un circuito dependerá de la tensión a que se encuentre sometido y de su resistencia.

### Resistencia eléctrica

Es la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica. Se mide en **ohmios** (símbolo  $\Omega$ ).

## Ley de Ohm

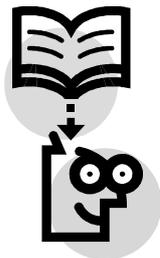
Georg Simon Ohm (1789-1854) realizó diversos experimentos con la corriente eléctrica. Uno de estos experimentos le condujo a demostrar que la tensión, la intensidad y la resistencia están relacionadas mediante la expresión:

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

**La intensidad de corriente eléctrica que circula por un circuito aumenta con la tensión y disminuye con la resistencia.**

Con esta expresión podremos calcular una de las magnitudes si conocemos el valor de las otras dos.

**ACTIVIDADES.** A realizar en tu cuaderno:



- 1) Calcula la intensidad que circula por una resistencia de  $2 \Omega$  sometida a una tensión de 24 V.
- 2) Qué tensión será necesario aplicar a un circuito, cuya resistencia total es de  $12 \Omega$  para que circule una corriente de intensidad de 3 A.
- 3) Sabemos que la intensidad de la corriente que recorre un circuito sometido a una tensión de 220 V es de 20 A. ¿Cuál es su resistencia?
- 4) Realizamos un experimento con una resistencia eléctrica. Variamos la tensión y medimos la intensidad de la corriente, obteniendo los siguientes valores: (2 V, 1 A) (4 V, 2 A) (6V, 3 A) (10 V, 5 A). Representa estos valores en un diagrama cartesiano, colocando la tensión en ordenadas y la intensidad en abscisas. Une los puntos. ¿Qué obtienes? ¿crees que el valor de la resistencia ha cambiado?

## **CÁLCULO Y MEDICIÓN DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS**

En circuitos con un generador y una resistencia, el cálculo de alguno de los valores **V**, **I** o **R** se determina fácilmente si conocemos dos de ellos, aplicando la Ley de Ohm. Pero no todos los circuitos son tan sencillos. Lo normal es que estén formados por varias resistencias (lámparas, calentadores...) e incluso por varios generadores (por ejemplo, varias pilas). La Ley de Ohm se aplica igualmente, pero reduciendo previamente el circuito en otro equivalente más simple. Para ello tendremos en cuenta los casos siguientes.

### Asociación de generadores

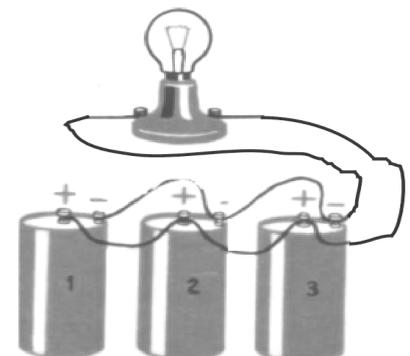
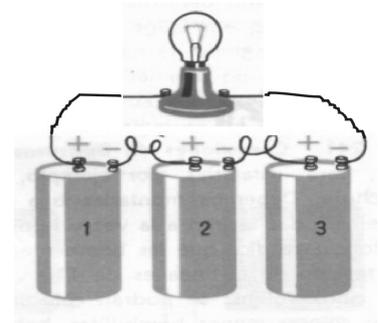
Si conectamos varias pilas en serie, es decir, uniendo el polo positivo de una con el negativo de la siguiente, tendríamos el equivalente a una pila cuyo voltaje es la suma de cada una de ellas. Las pilas en serie, al tener mayor tensión, producirán en el circuito más intensidad de corriente que una sola pila, pero la carga eléctrica total transferida será la misma.

$$\text{En serie, } V_{\text{TOTAL}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Si la asociación de pilas se realiza en paralelo, es decir, uniendo todos los polos negativos y los positivos por otro, obtendríamos una pila equivalente cuya tensión es la misma que la de una sola, pero capaz de suministrar más carga eléctrica. Aunque la intensidad en el circuito será la misma, se mantendrá más tiempo.

$$\text{En paralelo, } V_{\text{TOTAL}} = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

*Una lámpara alumbrará más conectando varias pilas en serie (puede llegar a fundirse). Si se conectan en paralelo, alumbrará igual que con una pila, pero más tiempo.*



## Asociación de resistencias

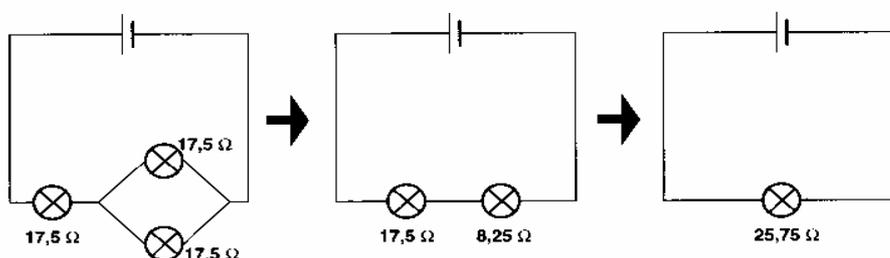
Resulta evidente que si colocamos varias resistencias en serie, la corriente eléctrica tendrá más dificultad para circular (la intensidad será menor). Por tanto, el sistema equivaldría a una sola resistencia cuyo valor es la suma de todas las resistencias.

$$\text{En serie, } R_{\text{TOTAL}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

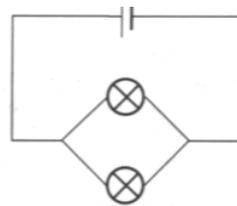
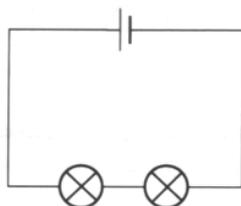
Si las resistencias están asociadas en paralelo, la corriente eléctrica podrá circular con mayor facilidad pues encuentra varios caminos. Esto quiere decir que el valor total de varias resistencias en paralelo equivale al de una resistencia que es menor que cualquiera de ellas.

$$\text{En paralelo, } \frac{1}{R_{\text{TOTAL}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

En **circuitos mixtos**, procederemos asociando por partes las resistencias, observando cuáles están en paralelo y cuáles en serie, aplicando las fórmulas correspondientes tantas veces como sea necesario hasta que el circuito quede reducido a una sola resistencia equivalente, como aparece en el ejemplo siguiente.



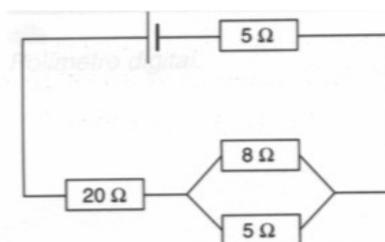
**ACTIVIDADES.** A realizar en tu cuaderno:



5) Se conectan una lámpara de  $8 \Omega$  y otra de  $24 \Omega$  a una batería de  $96 \text{ V}$  según se indica en los esquemas anteriores.

- Calcula la resistencia equivalente en cada caso.
- Calcula la intensidad total que recorre el circuito y cada lámpara en el circuito serie.
- Calcula la intensidad total que recorre el circuito y cada lámpara en el circuito paralelo.
- ¿Cuál es el valor de la tensión en bornes de cada lámpara del circuito serie?
- ¿Cuál es el valor de la tensión en bornes de cada lámpara del circuito paralelo?
- Dibuja el esquema de cada circuito con los valores hallados.

6) Calcula la resistencia equivalente del circuito y la intensidad total que lo recorre si la batería es de  $60 \text{ V}$ .



## ENERGÍA Y POTENCIA EN ELECTRICIDAD

Cuando conectas un calentador eléctrico, la energía eléctrica se transforma en calor; la electricidad en una taladradora se transforma en rotación del portabrocas... Cuanto mayor sea el trabajo que debe entregar la máquina, mayor será la cantidad de energía eléctrica que necesita.

El valor de la **energía eléctrica** puede hallarse multiplicando la tensión de funcionamiento del aparato por la intensidad que recorre su circuito y por el tiempo que está funcionando, es decir:

$$E = V \cdot I \cdot t$$

E = energía en julios (J)  
V = tensión en voltios (V)  
I = intensidad en amperios (A)  
t = tiempo en segundos (s)

Como sabemos, la **potencia es la energía por unidad de tiempo**. Por eso, la expresión anterior puede escribirse como:

$$E = P \cdot t$$

E = energía en julios (J)  
P = potencia en vatios (W)  
t = tiempo en segundos (s)

Por tanto, la **potencia** es:

$$P = V \cdot I$$

P = potencia en vatios (W)  
V = tensión en voltios (V)  
I = intensidad en amperios (A)

A pesar de que la potencia se expresa en el sistema Internacional en Julios (J), dado que la potencia es un elemento característico de cualquier aparato eléctrico y viene dada en vatios (W), **lo normal en Electricidad es expresar el valor de la energía en wh (vatio-hora) o mejor en Kwh (kilovatio-hora)**:

$$E = P \cdot t$$

E = energía wh (vatio-hora)  
P = potencia en vatios (W)  
t = tiempo horas (h)

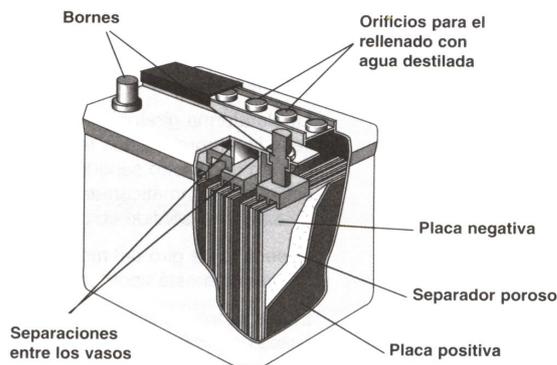
(Recuerda: el prefijo "kilo" indica mil unidades.; por tanto 1 Kwh = 1.000 wh)

**ACTIVIDADES.** A realizar en tu cuaderno:



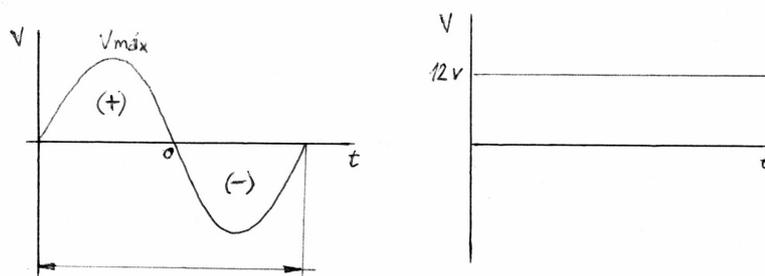
- 7) Disponemos de dos lámparas. Una es de 220V/60W y la otra de 125V/120 W ¿cuál iluminará con más intensidad? ¿por qué?
- 8) Una lámpara de 40 W encendida durante 3 horas ¿qué energía ha "consumido"?
- 9) Por un circuito conectado a 12 V circula una corriente eléctrica de 4 A ¿cuál es el valor de la potencia? ¿qué energía se ha transformado en 6 horas?
- 10) Calcula la intensidad que circulará por una resistencia de 500 W al conectarla a 250 V
- 12) ¿Una lámpara de 20 W de bajo consumo gasta menos que una lámpara de incandescencia de 20 W? Justifica la respuesta.
- 13) Una resistencia de 3 Ω se conecta a una pila de 9V. Calcula la potencia desarrollada y la energía consumida en 1 hora.
- 14) Averigua qué aparato consume más: un calentador de 220 V / 2.000 W funcionando conectado media hora o una lámpara de 220 V / 20 W funcionando 50 horas.

## CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA



Batería de acumuladores

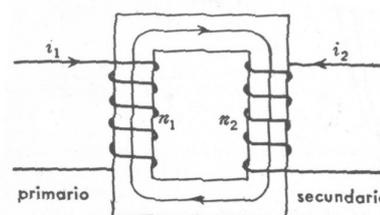
Hay otros tipos de corriente eléctrica, de entre las cuales destacamos la **corriente alterna**. Esta corriente es producida por aparatos llamados **alternadores**. Se trata de una corriente que cambia de sentido varias veces por segundo (que es la **frecuencia**) y por tanto, la intensidad también cambia desde valores negativos a positivos. La corriente alterna se utiliza en: calentadores, bombillas, motores de corriente alterna....



Corriente alterna (a la izquierda) y corriente continua (a la derecha)  
La corriente alterna en España es de 50 Hz (50 hercios), es decir, que cambia de sentido 50 veces por segundo

Sin embargo, una bombilla y un calentador también pueden funcionar con corriente continua. ¿Por qué emplear entonces la corriente alterna? Esto viene motivado por los motivos siguientes.

En las centrales eléctricas es necesario producir la cantidad de energía necesaria para aprovisionar ciudades e industrias. Por la fórmula de la energía sabemos que depende del producto de la intensidad por la tensión. Para obtener esa energía podemos variar los valores  $V$  e  $I$ ; si el valor de la intensidad es muy grande se necesitarán conductores muy gruesos y además se desperdiciaría mucha energía en el transporte en forma de calor. Por tanto, lo que se hace es producir energía a gran voltaje e intensidad moderada y después mediante **transformadores** se cambia a menor tensión y mayor intensidad para el uso industrial o doméstico. Los transformadores **sólo funcionan con corriente alterna**, de ahí el motivo del uso de esta corriente.



Esquema de un transformador

El transformador de tensión consta de dos bobinados: el primario (el que se conecta a la red eléctrica) y el secundario (el que se conecta al receptor). La relación entre estas variables y el número de espiras de cada bobinado es:

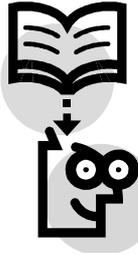
$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

$$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$$

donde:

- $V_1$  = tensión en el primario
- $V_2$  = tensión en el secundario
- $I_1$  = intensidad que circula por el primario
- $I_2$  = intensidad que circula por el secundario
- $n_1$  = número de espiras del primario
- $n_2$  = número de espiras del secundario

## ACTIVIDADES. A realizar en tu cuaderno:

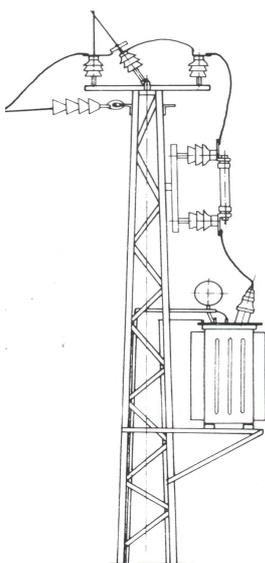
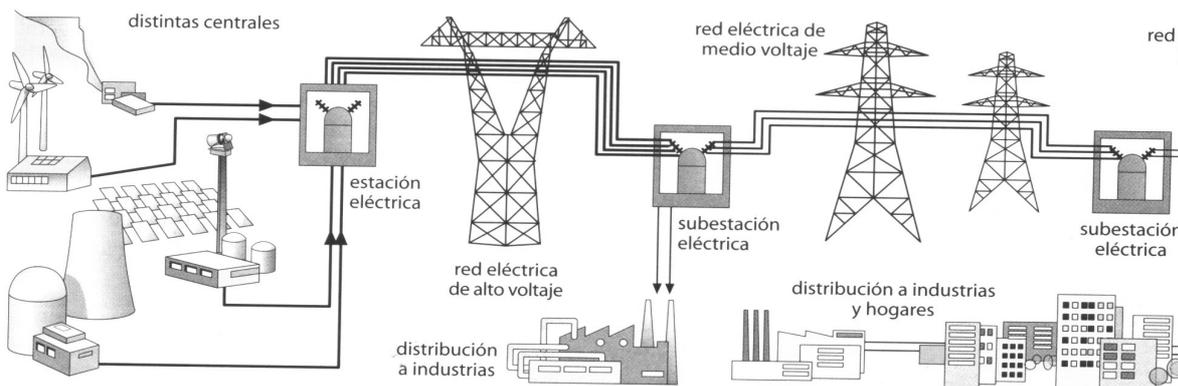


- 15) ¿En qué se diferencian la corriente continua y la alterna?
- 16) Agrupa los siguientes aparatos según el tipo de corriente: pila, alternador, dinamo, batería, lavadora, mando a distancia, reloj eléctrico, motor industrial, placa base del ordenador.
- 17) Un transformador tiene un bobinado primario de 4.400 espiras que se conecta a 220V ¿qué voltaje se obtendrá en el secundario si éste tiene 100 espiras?
- 18) Un transformador de 220V/125V... ¿a qué tensión puede conectarse?

## GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

La generación de corriente eléctrica se produce mediante **alternadores**. Estos aparatos son parecidos a los motores eléctricos pero con una función inversa: cuando el eje del alternador gira, producen electricidad. El giro del eje se produce por el de una turbina solidaria al mismo que gira por efecto del agua (centrales hidroeléctricas), del viento (aerogenerador), o por la presión de vapor de agua producido en centrales nucleares, térmicas, etc.

La electricidad producida en las **centrales** es elevada de voltaje (Entre 220 a 440 KV) y es conducida a través de cables trenzados de aluminio con alma de acero, tendidos sobre postes, a longitudes superiores a los 100 Km. Ya cercanos a núcleos urbanos o industriales, se produce el reparto a éstos cambiando la tensión (de 20 a 132 KV) en **subestaciones transformadoras de distribución**, llegando después a **centros de transformación** que bajan aún más el voltaje (380-220 V) para poder utilizarla. (Recuerda que al transformar la tensión a menor valor se produce un aumento de intensidad según vimos en el capítulo anterior).



Detalle de poste eléctrico con transformador

## CONDUCTORES

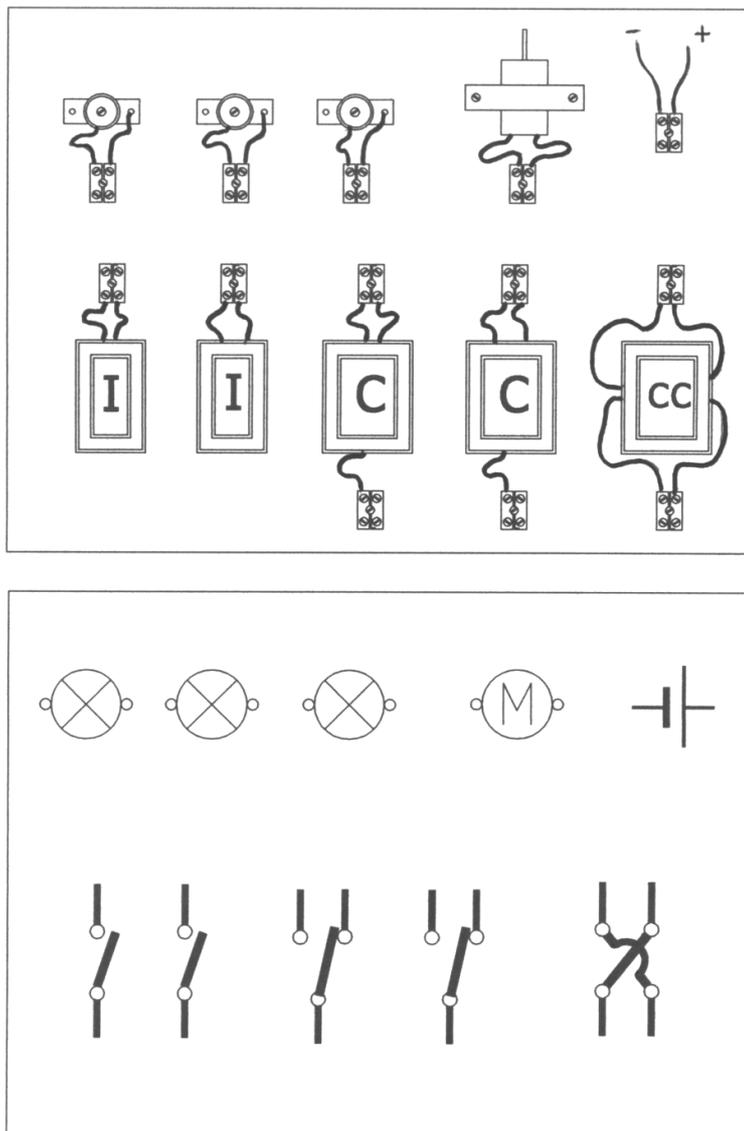
Además de los cables conductores de alta tensión mencionados antes (desnudos), también se usan en la distribución de electricidad cables formados por uno o varios hilos metálicos (aluminio, cobre) aislados con plástico (PVC) y trenzados. Este tipo de cables se colocan adosados a las paredes o bajo canalizaciones subterráneas. A medida que la intensidad de la corriente es menor, la sección del cable (área de una rodaja transversal) también disminuye.

Los cables empleados en las instalaciones de las industrias y viviendas son rígidos y aislados, protegidos en el interior de tubos de PVC rígido (por fuera de la pared) o flexibles (por dentro de las paredes). Para los aparatos eléctricos se usan los cables flexibles (formados por varios hilos muy finos) para permitir su manejo y que no se rompan al curvarlos.

Los conductores, a pesar de servir para conducir la electricidad, también ofrecen resistencia al paso de la corriente. La resistencia disminuye si el material es buen conductor, tiene la sección apropiada (a mayor sección mejor conduce) y no son largos. La resistencia aumentará en caso contrario. Un cable atravesado por una intensidad elevada se calienta y puede llegar a quemar el aislante. No obstante, a igualdad de sección, los cables flexibles conducen mejor que los rígidos, ya que están formados por un conjunto de varios hilos muy finos.

## Montajes eléctricos

Disponemos de un tablero para la realización de prácticas de electricidad (cuadro superior). En él se han colocado 3 portalámparas, 1 motorcillo, 2 interruptores, 2 conmutadores y 1 conmutador de cruce (como puede observarse en los símbolos colocados en el cuadro inferior). Se dispone de corriente eléctrica de corriente continua. Como puedes observar, cada elemento se ha conectado a unas clemas o fichas de empalme de modo que para realizar las prácticas sólo tenemos que conectar los cables en los terminales que quedan libres en las clemas (fichas de empalme).



Por tanto, el cuadro superior representa el tablero real para hacer las prácticas y el cuadro inferior el esquema del circuito que se monta.

**Realiza en hojas blancas A4 los esquemas que se corresponderían con las prácticas que se proponen, en las que deberás dibujar las conexiones en el cuadro inferior y “conectar” los elementos en el cuadro superior (una hoja cada montaje):**

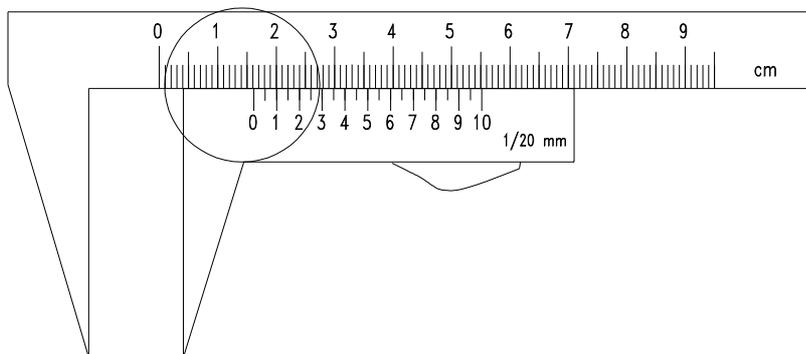
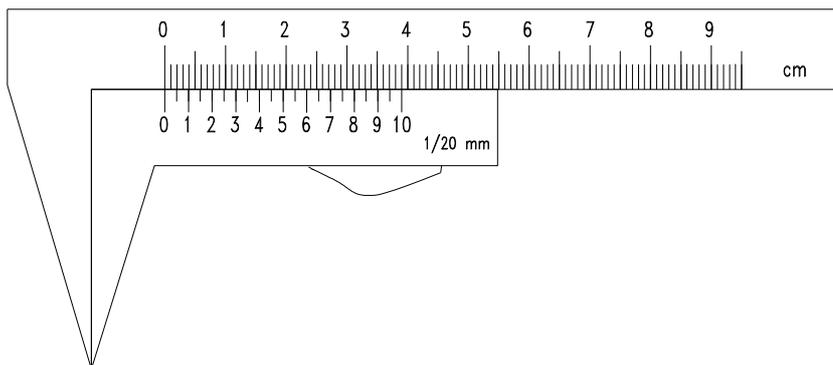
1. Dos lámparas en serie.
2. Dos lámparas en paralelo.
3. Una lámpara conmutadas (enciende-apaga desde dos sitios).
4. Una lámpara triple conmutada (enciende-apaga desde tres sitios).
5. Inversión de giro de un motor con posibilidad de detener o arrancar el mismo.

## MEDICIÓN CON EL PIE DE REY

Con este instrumento de medida lograremos medir magnitudes inferiores al milímetro. Es además un instrumento imprescindible para medir cilindros pequeños (brocas, alambres, cables...). La **apreciación** del instrumento es la mínima magnitud capaz de medirse con él. Normalmente viene marcada en el instrumento. En el caso que nos ocupa, la apreciación es de  $1/20$  mm, es decir: 0,05 mm (media décima de milímetro).

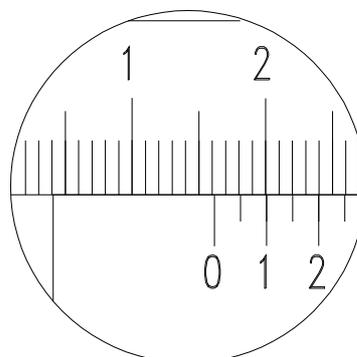
**Veamos como se obtiene la medida.**

1) El pie de rey está cerrado. El cero del nonio (marcas de abajo) coincide con el cero de la regla (marcas de arriba)



2) Al mover el cursor el pie de rey se abre; el cero del nonio marca en la regla una medida que está entre 16 y 17 milímetros. La lectura provisional es: 16, ..... mm

3) Ahora miramos qué línea del nonio coincide con alguna de la regla (sólo coincide una), siendo en nuestro caso el 2. Por tanto, la medida es 16,2 mm (16 milímetros y dos décimas de milímetro).



### Nota:

- Si alguna vez dudas sobre la línea que coincide, existe un truco para facilitar la lectura: la línea anterior a la coincidente debe estar "pasada" y la siguiente debe "quedar corta".
- Si quisiéramos averiguar la sección de un cilindro (alambre, cable...) lo que tendríamos que hacer es medir su diámetro con el pie de rey y luego calcularla mediante la fórmula del área del círculo ( $\pi R^2$ ).