UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

FÍSICA II

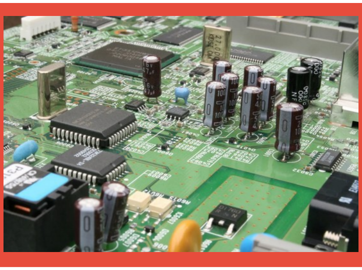
Notas sobre Circuitos de Corriente Continua

FICH – UNL

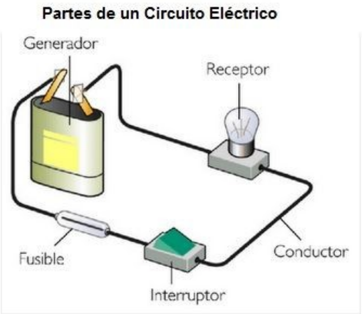
Version v.2

2021

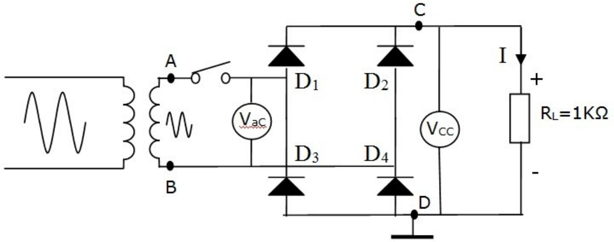
Circuitos de Corriente Continua (CC)



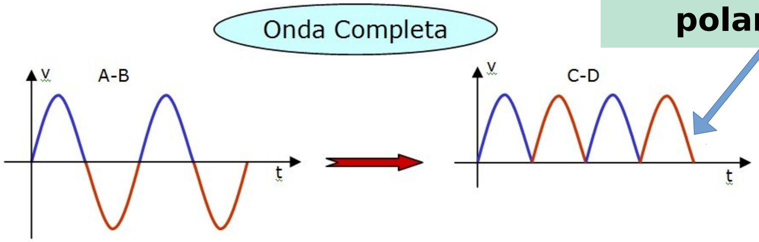
En los circuitos de corriente continua (CC), también llamada corriente directa (CD), el sentido de la corriente no se invierte en el tiempo. Si tomamos el ejemplo de la batería y la lámpara del dibujo, en este caso la corriente siempre circulará en la misma dirección a menos que conectemos al revés la batería Esto no ocurre en los circuitos de corriente alterna (CA) donde el sentido de la corriente cambia en el tiempo con una frecuencia definida por el generador (alternador) o por la red eléctrica.



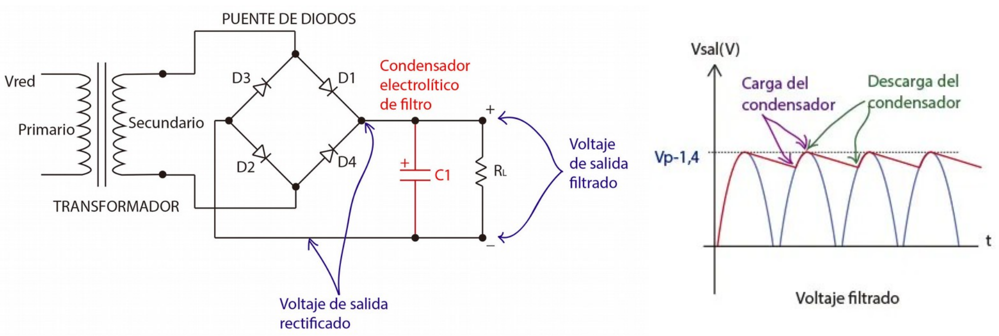
La corriente continua es usada mayormente en circuitos electrónicos y medios de transporte ya que las baterías entregan corriente continua, mientras que la corriente alterna es empleada en uso domiciliario e industrial. En general, la energía se genera en forma alterna, pero para su uso en corriente continua se la "rectifica" mediante componentes electrónicos (diodos semi conductores) que solo permiten el paso de la corriente en una dirección.



Un puente de diodos sencillo permite que las semi ondas alternas queden siempre con la misma polaridad.

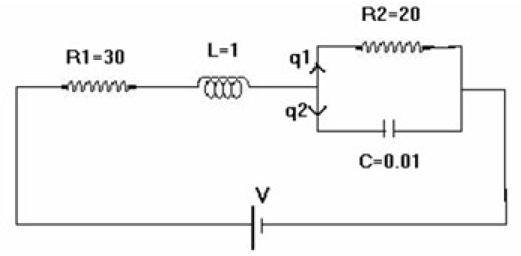


Al incorporar un capacitor, este almacena energía durante cada semi onda y la entrega entre cresta y cresta para tratar de hacer la onda lo más plana posible.



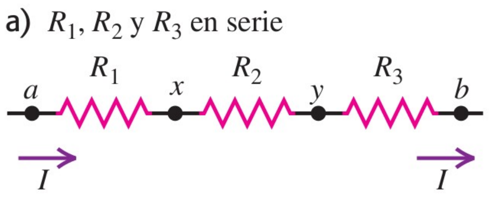
Circuitos de Corriente Continua (CC)

Los circuitos de CC se componen de baterías o fuentes de CC, resistencias, capacitores, integrados, transistores, bobinas, etc. En Fisica II solo veremos circuitos construidos con baterías, resistencias, capacitores y bobinas.



Las resistencias pueden conectarse en serie o en paralelo.

Las **resistencias en serie** dan como resultado una resistencia equivalente igual a la suma algebraica de las resistencias.



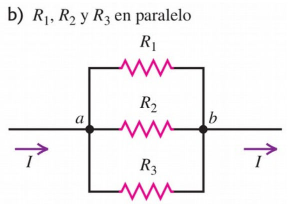
$$R_{eq}=R_1+R_2+R_3$$

La diferencia de potencial entre a y b es igual a la suma de las caídas en cada resistencia

$$V_{ab}=V_1+V_2+V_3=I\,R_1+I\,R_2+I\,R_3=I(R_1+R_2+R_3)$$

$$\frac{V_{ab}}{I}=R_{eq}=R_1+R_2+R_3$$

Las **resistencias en paralelo** dan como resultado una resistencia equivalente que es siempre menor a la menor de las resistencias:



$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} \Rightarrow R_{eq}=\frac{(R_1R_2R_3)}{(R_1+R_2+R_3)}$$

La diferencia de potencial entre a y b es aplicada por igual a cada resistencia

$$V_1+V_2+V_3=V_{ab}$$

Y la corriente en cada resistencia es: $I_1=\frac{V_{ab}}{R_1};I_2=\frac{V_{ab}}{R_2};I_3=\frac{V_{ab}}{R_3}$

Pero, la corriente en a o en b es la suma de las corrientes I_1, I_2 e I_3:

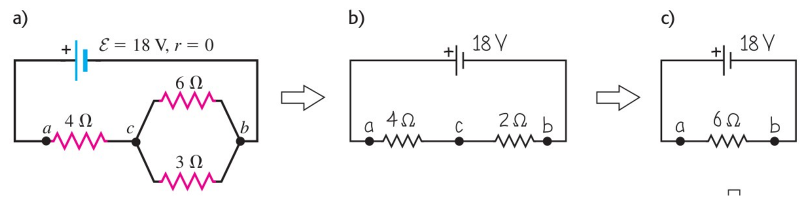
$$I_a=I_b=I=I_1+I_2+I_3=V_{ab}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)$$

Luego, $\Rightarrow$ $\frac{I}{V_{ab}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{R_{eq}}$

Circuitos de Corriente Continua (CC)

Cuando tengo combinaciones de resistencias en serie y en paralelo, en general es posible obtener una resistencia equivalente para todo el circuito.

Este ejemplo muestra un circuito con una fuente y tres resistencias y la metodología para calcular las corrientes por cada resistencia. La fuente no tiene resistencia interna (r=0).



Primero se suman las dos resistencias de 6 Ω y 3 Ω en paralelo:

$$R_{eq\,1}=\frac{(3\Omega.6\Omega)}{(3\Omega+6\Omega)}=2\Omega$$

Luego sumamos las dos resistencias en serie: $R_{eq\,tot}=4\Omega+2\Omega=6\Omega$

Con la resistencia total (6 Ω) calculamos la corriente total I:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq\,tot}}=\frac{18\,V}{6\,\Omega}=3\,A$$

Esta corriente I atraviesa la resistencia de 4 Ω y se divide luego en las dos ramas en paralelo. Calculamos ahora la caída de potencial en la resistencia de 4 Ω:

$$V_{ac}=I\,R=3\,A.4\Omega=12\,V$$

Luego, la caída en el paralelo es:

$$V_{par}=18\,V-12\,V=6\,V$$

Finalmente, en cada rama la corriente es:

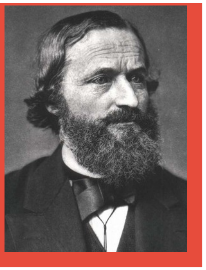
$$I_{6\Omega}=\frac{6\,V}{6\,\Omega}=1\,A$$

$$I_{3\Omega}=\frac{6\,V}{3\,\Omega}=2\,A$$

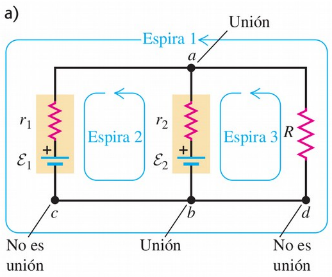
En estos circuitos simples es posible calcular las corrientes y caídas de potencial paso a paso. Pero esto no siempre ocurre

Leyes de Kirchoff

Kirchoff:
Alemania
(1824-1887)



Cuando los circuitos son complejos, no es posible resolverlos con la metodología anterior. Es necesario plantear una serie de leyes de conservación de la carga y del potencial, que se llaman leyes de Kirchoff.

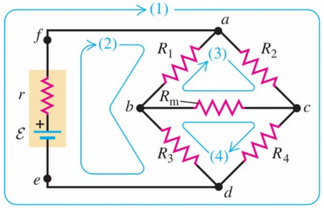


Regla de las uniones (NODOS): la suma algebraica de las corrientes en cualquier unión es igual a cero.

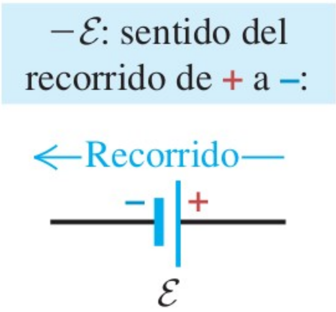
$$\sum I = 0 \left(\textit{válida en cualquier unión} \right)$$

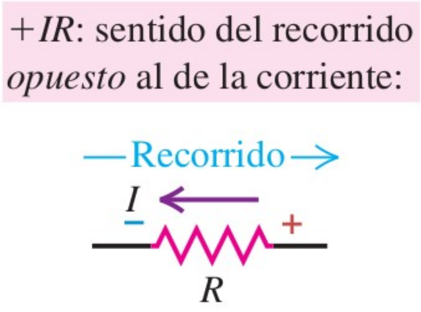
Regla de las espiras (MALLAS): la suma de las diferencias de potencial en cualquier espira debe ser igual a cero.

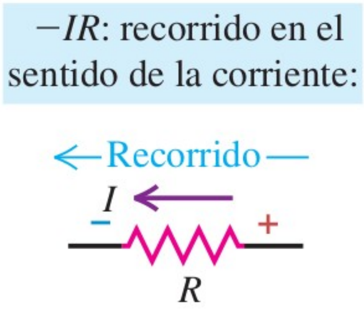
$$\sum V = 0 \left(\textit{válida en cualquier espira} \right)$$



Cada corriente es una incógnita Si, por ejemplo tengo *m* incógnitas y *n* nodos entonces tendré *n-1* ecuaciones de nodos y necesitaré *m-n-1* ecuaciones de mallas.



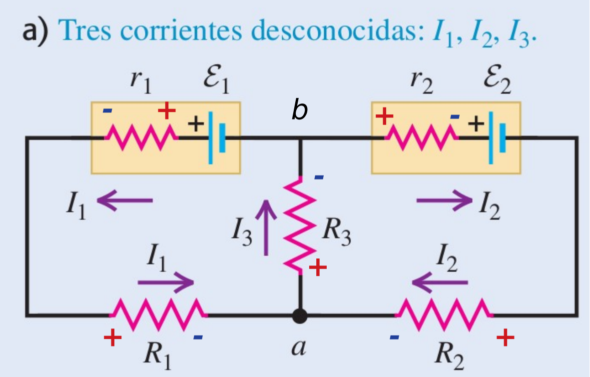




El recorrido de las mallas implica que si atravesamos la fuente o la resistencia en la dirección de potencial decreciente (de + a -) entonces la diferencia de potencial será negativa. Y, si recorremos el componente de – a + entonces el potencial se incrementa y la diferencia de potencial será positiva.

Leyes de Kirchoff

Veamos el ejemplo 1:
En el circuito tenemos tres incógnitas, I_1, I_2 e I_3. A priori no sabemos el sentido de las corrientes así que asumimos uno cualquiera. Es decir que podríamos haber dibujado las corrientes en otras direcciones. Notemos que, aunque podríamos sumar r_1 y R_1 en serie y r_2 y R_2 en serie, luego no podremos terminar de resolver el circuito. Debemos aplicar las reglas de Kirchoff:



Una vez definidas las corrientes (sentidos) podemos definir que lado de cada resistencia tendrá mayor potencial (signo +) y cual tendrá menor (-).

Primero aplicamos la regla de los nodos. Tenemos dos nodos, en *a* y en *b*. Dado que solo tendremos *n-1* ecuaciones independientes, planteamos la sumatoria de corrientes en un solo nodo. Tomamos el *a*:

$$\sum I_a = I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

Notemos que tomamos como corrientes positivas a las entrantes al nodo y como negativas a las salientes.

Ahora necesitamos dos ecuaciones de mallas. En este circuito podemos plantear 3 ecuaciones, una para cada sub-malla y otra para la malla externa. Elegimos dos:

Recorremos la malla 1 de la izquierda en sentido anti-horario partiendo de b:

$$\sum V_{M1} = \varepsilon_1 - I_1 r_1 - I_1 R_1 - I_3 R_3 = 0$$

Partiendo de b lo primero que encontramos es la fem ε_1. Como la recorremos de – a + el potencial sube al atravesarla Entonces ε_1 tiene signo positivo. Luego atravesamos r_1, donde vamos de + a -. Es decir que el potencial baja y el signo es –. Lo mismo ocurre con R_2 y R_3. ***La suma de caídas y subidas de potencial en la malla cerrada es igual a cero.***

Recorremos la malla 2 de la derecha en sentido anti-horario partiendo de b:

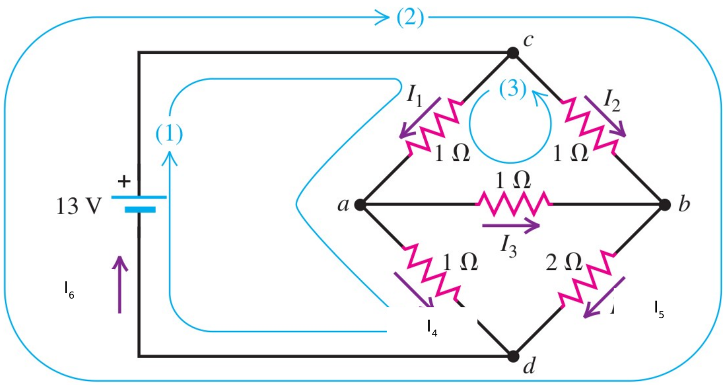
$$\sum V_{M2} = +I_3 R_3 + I_2 R_2 + \varepsilon_2 + I_2 r_2 = 0$$

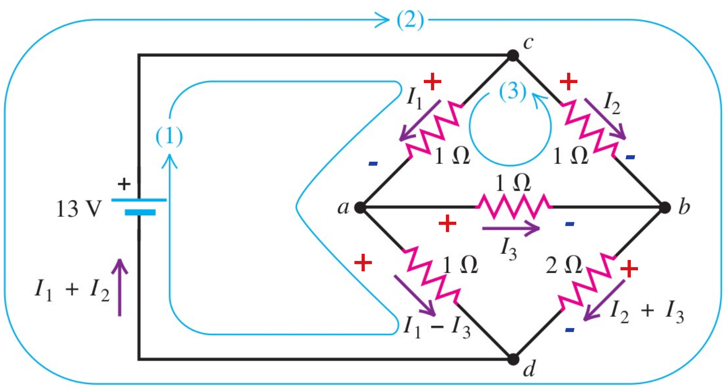
Notemos que si recorremos la malla en sentido contrario, es decir sentido horario, entonces todos los signos se invierten, pero evidentemente la ecuación es la misma.

Ya tenemos 3 ecuaciones con 3 incógnitas. Solo resta resolver el sistema. Como el sentido de las corrientes fue elegido a priori, si al resolver el sistema encontramos corrientes negativas entonces esto indica que el sentido real es el contrario.

Leyes de Kirchoff

Veamos el ejemplo 2:
En este ejemplo tenemos 6 corrientes incógnitas Para resolverlo tenemos 4 nodos, de los cuales deberemos elegir 3, y necesitamos otras tres ecuaciones de malla. En la figura se definen las mallas 1, 2 y 3. Otras mallas posibles serian la del triángulo inferior, tomar el rombo completo o tomar una malla que pase por la fuente, por el punto c, luego el b y luego el d. Pero resolvamos el sistema tal como está planteado. Primero pongamos los signos + y – en las resistencias





Planteamos las tres ecuaciones de nodos:

E$_1$ $\sum I_a = I_1 - I_3 - I_4 = 0$

E$_2$ $\sum I_b = I_2 + I_3 - I_5 = 0$

E$_3$ $\sum I_d = I_4 + I_5 - I_6 = 0$

Planteamos las tres ecuaciones de mallas:

Recorremos la malla 1 en sentido horario partiendo de d:

E$_4$ $\sum V_{M1} = 13V - I_1 1\Omega - I_4 1\Omega = 0$

Recorremos la malla 2 en sentido horario partiendo de d:

E$_5$ $\sum V_{M2} = 13V - I_2 1\Omega - I_5 2\Omega = 0$

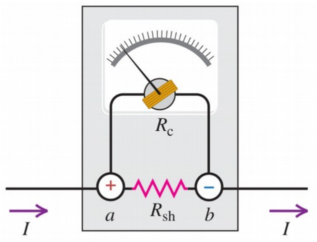
Recorremos la malla 3 en sentido anti-horario partiendo de c:

E$_6$ $\sum V_{M3} = -I_1 1\Omega - I_3 1\Omega + I_2 1\Omega = 0$

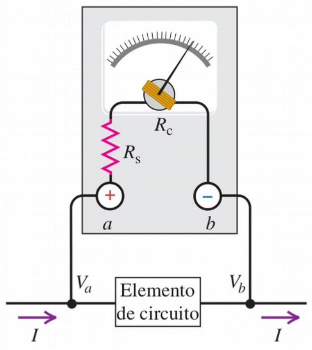
Resolvemos el sistema algebraico y obtenemos las 6 corrientes incógnitas

Instrumentos de medición

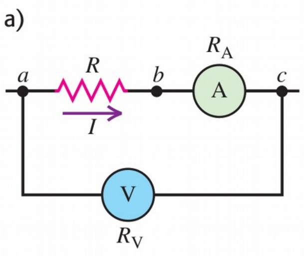
El *amperímetro* mide la corriente que lo atraviesa.
Para ello debe oponer la menor resistencia posible al paso de la corriente (R→ 0)

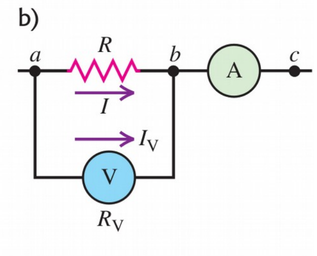


El voltímetro mide la caída de potencial entre dos puntos de un circuito. Para ello debe oponer una gran resistencia al paso de corriente (R→ ∞)



La medición de la corriente y caída de potencial a través de una resistencia pueda hacerse de dos maneras, como muestra la figura. Si los instrumentos fueran ideales, entonces las dos mediciones darían lo mismo. Pero como el Amperímetro real tiene cierta resistencia, la caída medida en el caso a) es la suma de la resistencia + el amperímetro, y además la corriente I es menor debido a la resistencia del amperímetro. En el circuito b), la caída de tensión medida sí corresponde a la resistencia, aunque igualmente la corriente I será menor por la resistencia del amperímetro y por lo tanto la caída también será menor. Estos dos métodos se denominan circuito largo y corto.





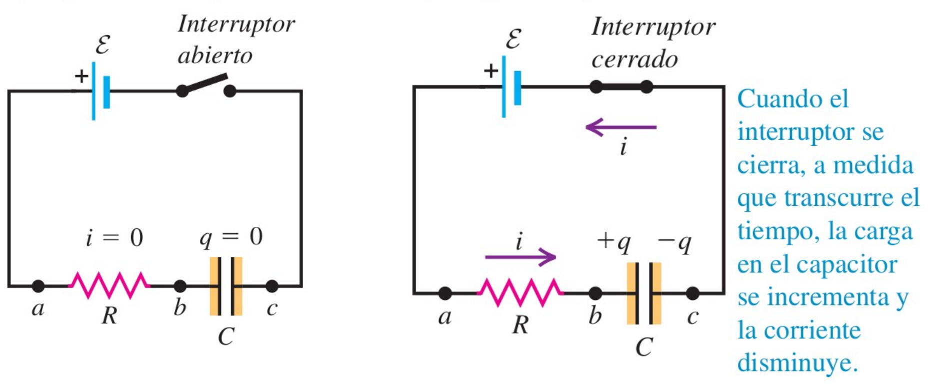
Circuitos R-C

Cuando se conecta un capacitor descargado en serie con una resistencia, el capacitor se comienza a cargar.

La velocidad de carga dependerá de la resistencia. Mientras mayor sea R más lentamente se cargará.

La corriente circulará hasta que el capacitor se haya cargado completamente y adquiera una diferencia de potencial igual a la de la batería

a) Capacitor descargado al inicio   b) Carga del capacitor



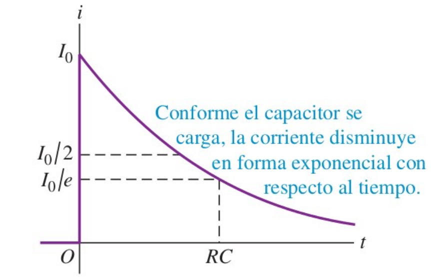
Capacitor en carga

$$\varepsilon - iR - \frac{q}{C} = 0 \left(durante\ la carga \right)$$ *despejando i* $$i = \frac{dq}{dt} = \frac{e}{R} - \frac{q}{RC}$$

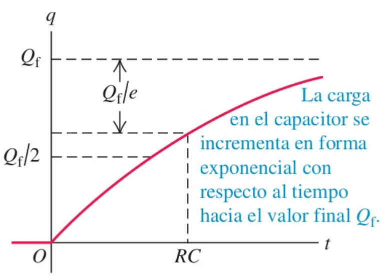
Integrando:

$$q = C\varepsilon\left(1 - e^{-t/RC}\right) = Q_{max}\left(1 - e^{-t/RC}\right) \qquad i = \frac{\varepsilon}{R}e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/RC}$$

a) Gráfica de la corriente contra el tiempo para un capacitor en proceso de carga



b) Gráfica de la carga de un capacitor contra el tiempo para un capacitor en proceso de carga

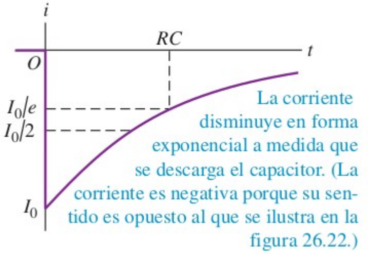


Capacitor en descarga

Durante la descarga la corriente tiene una forma igual pero en sentido contrario. De igual modo, la carga disminuye asintóticamente:

$$i = I_0 e^{-t/RC} \qquad q = Q_{max} e^{-t/RC}$$

a) Gráfica de la corriente contra el tiempo para un capacitor en descarga



b) Gráfica de la carga del capacitor contra el tiempo para un capacitor en descarga