



1º de Bachillerato

Tecnología Industrial I

Contenidos

Máquinas y sistemas: Circuitos eléctricos

La energía eléctrica tanto a nivel doméstico como industrial para convertir ésta en otros tipos de energía más demandados como energía final, los procesos de fabricación de cualquier tipo de productos, la luz eléctrica, y un gran número de objetos que funcionan debido a la electricidad, han provocado el que a día de hoy, la electricidad sea absolutamente imprescindible para nuestra sociedad.

El comportamiento de todos los circuitos eléctricos está basado en una pequeña serie de magnitudes, leyes y normas. Cualquier persona debe de conocer estos principios básicos que nos rodean para entender mejor el mundo en que nos ha tocado vivir.



Imagen de [Edokter](#) en Wikimedia Commons

bajo licencia [CC](#)

1. Magnitudes, unidades y medidas.



Empezaremos por lo más básico ¿qué es la electricidad? ¿Donde se encuentra?

Como recordarás de cursos anteriores la materia está constituida por unas partículas llamadas átomos.

Dentro de cada átomo es posible distinguir dos zonas. La zona central llamada **núcleo**, concentra unas partículas subatómicas que tienen carga eléctrica positiva llamadas **protones** y otras partículas neutras, desde el punto de vista de la carga eléctrica, llamados **neutrones**.

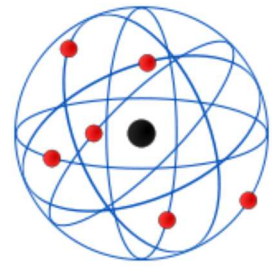


Imagen de [CBurnett](#) en Wikimedia

Commons bajo licencia [CC](#)

Rodeando al núcleo se localiza la **corteza**. En esta zona se mueven los **electrones**, que son partículas con carga eléctrica negativa, girando en **orbitales** que envuelven al núcleo.

Un átomo está en equilibrio eléctrico cuando tiene igual número de protones que de electrones. De no ser así, prevalece carga eléctrica en algún sentido, y entonces se le llama **ión positivo (catión)** cuando ha perdido electrones o **ión negativo (anión)** si tiene exceso de electrones.

Importante

Un cuerpo en el que sus átomos han perdido electrones está **cargado positivamente**, y si sus átomos han captado electrones está **cargado negativamente**. La **unidad** para medir la **carga eléctrica** en el Sistema Internacional de Unidades es el **culombio**.

Un culombio representa la carga que presentarían $6,24 \times 10^{18}$ electrones.

Importante

La **corriente eléctrica** es el desplazamiento de electrones por el interior de un material conductor.

A su vez un material conductor será aquel que permite el movimiento de electrones a través de su estructura.

Para que exista corriente eléctrica es necesario que haya una diferencia de potencial entre dos puntos del conductor o del circuito.

El sentido real de circulación de los electrones se produce desde los puntos más negativos a los más positivos. Sin embargo tradicionalmente se ha considerado el **sentido convencional de circulación de la corriente eléctrica** según el cual se aceptó por convenio el que circula desde los potenciales más positivos a los más negativos, es decir es contraria al movimiento de los electrones.

En función de como varíe el valor de la corriente eléctrica a lo largo del tiempo, ésta se clasifica en:

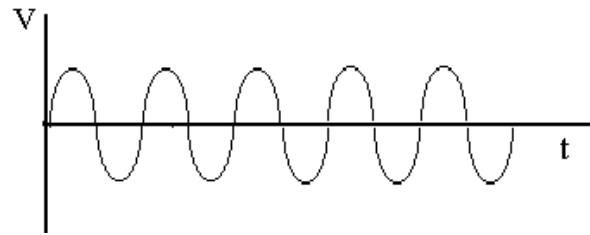
- **Corriente continua (cc):** Cuando su valor permanece constante e invariante con el tiempo.
- **Corriente alterna (ca):** Cuando su valor varía cíclicamente con el tiempo.



Tensión en corriente continua

Imagen de [Jmontero9](#) en Wikimedia Commons

bajo licencia [CC](#)



Tensión en corriente alterna

Imagen de [Maksim](#) en Wikimedia Commons

bajo licencia [CC](#)

Hemos definido dos tipos de corriente eléctrica, continua y alterna. La diferencia que existe entre ellas es que mientras que en el primer caso la "cantidad de corriente eléctrica" no varía en el tiempo en el segundo si que lo hace y además esta variación se produce de forma periódica. Es necesario pues definir una magnitud física que nos indique la cantidad de corriente que está pasando en un instante dado por un punto de un circuito. Esa magnitud es la intensidad.

Importante

Intensidad de corriente eléctrica

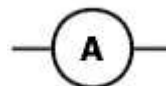
Cantidad de carga eléctrica que atraviesa la sección de un conductor en la unidad de tiempo. Se representa por la letra I .

$$I = \frac{Q}{t}$$

La unidad de medida de la intensidad en el Sistema Internacional de Unidades es el **amperio (A)**. Un amperio es la intensidad que circula por la sección de un conductor cuando en un segundo la cantidad de carga que atraviesa dicha la sección es un culombio.

Para medir la intensidad de corriente eléctrica se emplea un aparato llamado **amperímetro**. Cuando se tiene que medir la intensidad de corriente eléctrica de un circuito, se debe intercalar **en serie** el amperímetro en el conductor por donde pasa la corriente. Por lo tanto es necesario desconectar la alimentación de circuito.

El símbolo que representa a un amperímetro en un circuito es:



Si recuerdas la historia inicial, el electricista nos preguntaba sobre el número de automáticos que teníamos de 25 A y nos enseñaba un cuadro con interruptores a la entrada de nuestra casa. Ya podemos empezar a comprender de que nos estaba hablando. Seguramente se refería a elementos que limitaban la cantidad de corriente que podía circular por los circuitos eléctricos de nuestra casa... estudiaremos estos circuitos en el tema siguiente.

Ejercicio resuelto

Calcula la cantidad de carga que ha suministrado un generador, que ha estado alimentando un circuito ininterrumpidamente durante 2 horas, con una intensidad de corriente de 125 mA.

Ten en cuenta que la unidad del tiempo en el Sistema Internacional de Unidades es el segundo.

Mostrar retroalimentación

En primer lugar pasamos el valor del tiempo a la unidad adecuada.

$$t = 2 \text{ horas} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 7200 \text{ s}$$

De igual forma la intensidad ha de ser pasada a amperios 125mA son 0,125A.

Vamos ahora a la definición de intensidad, despejamos el valor de la carga y sustituimos.

$$Q = I \cdot t = 0,125 \cdot 7200 = 900 \text{ C}$$

Reflexiona

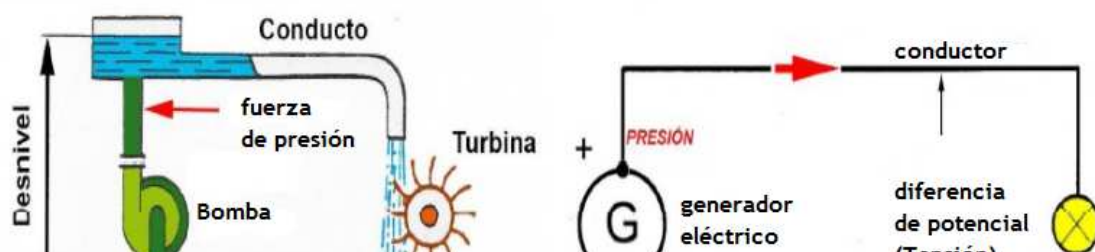
Calcula la intensidad de corriente que circula por un conductor, atravesado por una carga de 135 culombios, durante 30 minutos.

Mostrar retroalimentación

Sol. $I = 75 \text{ mA}$.

En muchas ocasiones se compara el comportamiento de la corriente eléctrica con el movimiento del agua a través de una tubería. Si pensamos en la intensidad de corriente, esta magnitud representa la cantidad de carga eléctrica que atraviesa la sección de conductor en la unidad de tiempo. En una tubería la magnitud equivalente sería el caudal de agua que circula por un punto de la misma.

De igual forma podemos pensar en que para que el agua circule por la tubería es necesario que exista una diferencia de energía potencial entre los dos extremos de la misma. El agua circulará del punto que tenga mayor potencial al que tenga menor potencial. De forma análoga existe una propiedad en los circuitos eléctricos, es el voltaje.





Importante

Voltaje, tensión eléctrica o diferencia de potencial

El potencial eléctrico de un punto de un circuito indica la energía del campo eléctrico en dicho punto.

Para que haya circulación de corriente entre dos puntos de un circuito eléctrico es imprescindible que haya diferencia de potencial entre ellos, a esa diferencia de potencial se le llama **tensión eléctrica** o **voltaje**, se representa con la letra **V**, o bien **U**.

La unidad de medida de la tensión eléctrica en el Sistema Internacional de unidades es el voltio (V).

Para medir la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, se emplea un aparato llamado **voltímetro**. Cuando se tiene que medir el voltaje entre dos puntos del circuito se debe conectar en paralelo el voltímetro entre los dos puntos que tenemos que conocer la diferencia de potencial, por lo que no se tiene que interrumpir el circuito.



Por otro lado siempre que una partícula se mueve a través de un medio, este medio que posibilita el movimiento también ofrece una resistencia al mismo. Piensa en el movimiento de una bicicleta. Cuando dejamos de pedalear la bicicleta continúa moviéndose sobre la carretera, sin embargo poco a poco irá disminuyendo su velocidad y terminará por detenerse. Este hecho se debe a la fricción que aparece entre las ruedas de la bicicleta y la superficie de la carretera. La carretera ejerce una resistencia al movimiento. De forma similar tenemos una resistencia en los circuitos eléctricos.

Importante

Resistencia eléctrica

Oposición que presenta cualquier material al paso de la corriente eléctrica a su través, se representa con la letra **R** y su unidad de medida es el ohmio (Ω).

Para medir la resistencia eléctrica entre dos puntos de un circuito, se emplea un aparato llamado **óhmetro**. Se debe abrir el circuito y conectar los terminales del aparato de medida entre los dos puntos que tenemos que conocer la resistencia eléctrica.

Según sea el valor de la resistencia eléctrica que presentan los materiales estos se dividen en:

- **Conductores**, cuando su resistencia es muy reducida, en general los metales son buenos conductores eléctricos.
- **Aislantes**, cuando su resistencia es muy elevada, en general los no metales son buenos

aislantes eléctricos.

1.1. Polímetro, utilización.



Según hemos dicho en el punto anterior para medir la intensidad en un punto de un circuito se utiliza un amperímetro. Si queremos medir la diferencia de potencial entre dos de sus puntos deberemos utilizar un voltímetro y por último para medir la resistencia entre dos puntos el aparato a utilizar es un ohmnímetro.

Sin embargo existe un aparato de medida, llamado **tester o polímetro**, con el que seleccionando previamente la magnitud eléctrica que se desea conocer y conectándolo adecuadamente informa de las distintas magnitudes eléctricas, intensidad, tensión y resistencia.

En este apartado vamos a aprender a utilizarlo.



Imagen de [A. Quisi](#) en ITE bajo licencia CC

Para saber más

Para utilizar un téster o polímetro es conveniente seguir un protocolo.

- Comprobar que los terminales del aparato están debidamente conectados.
- Comprobar que el selector del polímetro está en la posición adecuada según la magnitud que se desea medir: intensidad, tensión, o resistencia.
- Elegir la escala para la magnitud que se quiere medir, si no tenemos idea del orden de la magnitud a medir es conveniente empezar por escalas grandes y posteriormente se va adaptando la escala a la medida que se tiene que realizar. Los valores numéricos de las distintas escalas informan del valor máximo de la magnitud a medir con esa escala. Si este número aparece precedido por el símbolo $\times$, éste indica por el factor que hemos de multiplicar el resultado de la lectura.
- Cuanto más pequeña es la escala seleccionada para efectuar la medida, ésta se obtendrá con mayor precisión. Nunca se debe emplear una escala inferior a la medida que se vaya a realizar, porque podríamos dañar el polímetro.
- Antes de efectuar una medida, verificar que la aguja coincida con el cero de la escala. De no ser así, se tiene que ajustar a cero antes de comenzar a medir.
- Al medir en corriente continua tener precaución con la polaridad, es conveniente utilizar el terminal rojo para el polo $+$ y el negro para el $-$.
- No conectar el polímetro en paralelo con una fuente de tensión cuando se tengan que medir resistencias o intensidades, ya que este error puede quemar el polímetro.
- Procurar ser rápidos a la hora de efectuar las medidas.

Polímetro analógico. - Medida de resistencias:

1. Conectar los terminales en las posiciones indicadas para medida de resistencias "COM" (polaridad -) y " Ω " (polaridad +).
2. Seleccionar la posición " Ω ".
3. Seleccionar la mayor escala de resistencias que tenga el polímetro, indicando con el selector el mayor número que aparezca bajo el indicativo de " Ω ".
4. Ajuste del cero, consiste en unir los dos terminales del polímetro y girar el botón de ajuste (" 0Ω ADJ") hasta que la aguja coincida con el 0 de la escala de ohmios (Si no se consigue ajustar a cero, hay que cambiar las pilas del polímetro).
5. Conectar ahora los dos terminales del polímetro a cada uno de los extremos de la resistencia (que debe estar sin conectar a ninguna fuente), y observar la zona donde se detiene la aguja del polímetro.
6. Repetir la medida reduciendo la escala hasta que esta se realiza en la zona intermedia de la escala.

Polímetro analógico. -Medida de diferencia de potencial (Tensión, voltaje)

1. Conectar los terminales en las posiciones indicadas para medida de tensión: COM (polaridad -) y V (polaridad +).
2. Seleccionar con el interruptor de polaridad del polímetro la posición "+ (DC)".
3. Seleccionar la escala mayor de Tensiones en el polímetro, señalando con el selector el mayor número que aparezca bajo el indicativo "V (DC)" (Voltios en corriente continua).
4. Conectar los terminales del polímetro entre los dos puntos que deseamos conocer la diferencia de potencial, si la aguja trata de desplazarse en sentido contrario es porque debemos cambiar la posición de los terminales; el terminal que sale del borne "COM" del polímetro debe estar conectado al punto más cercano al borne negativo de la pila.
5. Repetir la medición si fuese aconsejable reduciendo la escala de medida.

Polímetro analógico. -Medida de Intensidades

1. Seleccionar la posición "+ (DC)".
2. Conectar el terminal de polaridad - en COM y el terminal de polaridad + según el rango de intensidad que se vaya a medir.
3. Seleccionar la escala mayor de Intensidades en el polímetro, señalando con el selector el mayor número que aparezca bajo el indicativo "A (DC)" (Amperios en corriente continua).
4. Abrir el circuito y conectar, en el punto de potencial menor, el terminal del polímetro unido al "COM", y el otro terminal del polímetro conectarlo al extremo del circuito que ha quedado libre.
5. Si fuese necesario seleccionar una escala menor para que la medida se a lo más precisa posible.

Polímetro digital

1. El polímetro digital no tiene interruptor de polaridad, por lo que no es necesario realizar los pasos mencionados en el caso del apartado analógico.
2. Para medir resistencias no hay que realizar el ajuste del cero, se miden directamente.
3. La pantalla del polímetro da ahora la información numérica directa.
4. Según se desee medir R, V ó I hay que cambiar la conexión al polímetro de uno de sus terminales como queda indicado claramente en el propio polímetro.
5. Siempre se debe comenzar seleccionando la escala mayor, para luego ir



1.2. Potencia



En la historia inicial el electricista nos preguntaba por la potencia que teníamos contratada en nuestra casa...a mi eso de potencia me suena a motos....no creo que tenga mucho que ver...vamos a ver que es eso de la potencia.

Importante

Potencia eléctrica

Cantidad de trabajo o energía eléctrica desarrollada por un sistema eléctrico en la unidad de tiempo. Se representa con la letra **P**, y su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es el **vatio (W)**.

En **corriente continua** la potencia eléctrica de un componente eléctrico es el producto de la intensidad de corriente que circula por él y el voltaje que presenta entre sus terminales.

$$P = V \cdot I$$

Donde **I** es el valor instantáneo de la corriente y **V** es el valor instantáneo del voltaje. Como recordarás la intensidad (**I**) se expresa en **amperios** y la tensión (**V**) en **voltios**.

Para medir la potencia se emplea un aparato llamado **vatímetro**, consta de cuatro terminales, correspondientes dos a dos a una bobina amperimétrica y a una bobina voltimétrica, que se deben conectar como para medir la tensión y a intensidad tal como se ha indicado en los aparado anteriores, y el aparato realiza la medición de la potencia.



Cuando el electricista me preguntaba por la potencia que tenía contratada lo que quería saber pues es la cantidad de energía que puedo llegar a gastar en un segundo. Ese es un valor muy importante. Alguna vez te habrá ocurrido en tu casa que has conectado muchos electrodomésticos a la vez y que ha "saltado la luz". Lo que ha ocurrido es que hemos intentado consumir más potencia de la que tenemos contratada con la compañía eléctrica. El sistema lo detecta y automáticamente abre el circuito.

Si en mi taller voy a instalar dos aparatos que consumen mucha energía (el horno y el torno) he de estar seguro de que no superaré ese límite.

Reflexiona

Cuando alimentamos una lámpara con una diferencia de potencial de 12 voltios, por ella circula una intensidad de corriente de 250 mA. Calcula la potencia que consume.

Mostrar retroalimentación

Sol: $P = 3 \text{ W}$

Reflexiona

Con una pila de petaca de 4,5 voltios alimentamos la lámpara de una linterna de 500 milivatios. Calcula que intensidad circula por ella.

Mostrar retroalimentación

Sol: $I = 111 \text{ mA}$

Reflexiona

Un secador de pelo consume 500 vatios de potencia cuando por él circula una intensidad de 2,25 amperios. Calcula la tensión con que se alimenta el secador.

Mostrar retroalimentación

Sol: $V = 222 \text{ V}$

Curiosidad

Se denomina **osciloscopio** a un instrumento de medida electrónico, empleado para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Un osciloscopio permite observar gráficamente fenómenos transitorios así como formas de ondas en circuitos eléctricos y electrónicos por lo que es muy útil para diagnosticar los problemas del funcionamiento de un determinado circuito. Es uno de los instrumentos de medida y verificación eléctrica más versátiles que existen y se utiliza en una gran cantidad de aplicaciones técnicas. Un osciloscopio puede medir un gran número de fenómenos, si va provisto del transductor adecuado.



Imagen de [B. Rubio](#) en ITE bajo licencia CC

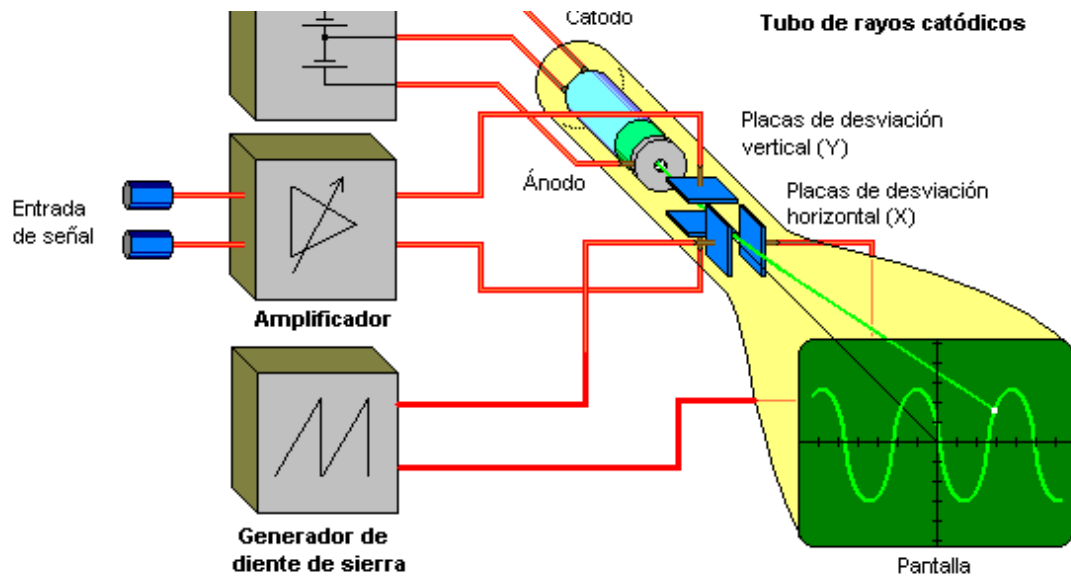
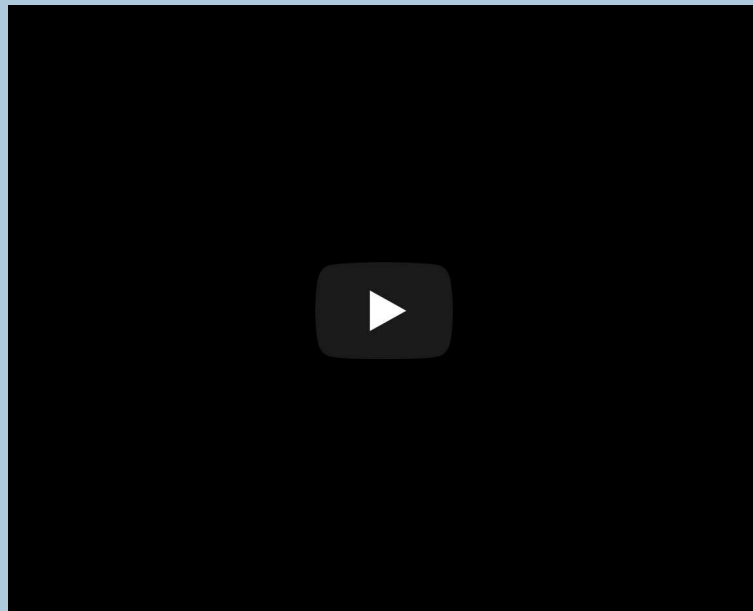


Imagen de [Pacodees](#) en Wikipedia bajo licencia [CC](#)

Visiona el siguiente vídeo. "Osciloscopio ajuste señal de referencia" 1,06.

<http://www.youtube.com/watch?v=fOu6JLMWOLQ&feature=related>



2. Leyes



Vamos a ver una serie de leyes importantes para el estudio de la corriente eléctrica:

- Ley de Ohm
- Ley de Joule
- Leyes de Kirchhoff

2.1. Ley de Ohm



Hasta ahora hemos definido tres propiedades que describen el comportamiento de la corriente eléctrica en un circuito. Estas magnitudes son la intensidad, la tensión y la resistencia.

La ley de Ohm es la ley fundamental que establece la relación que existe entre estas propiedades.

Importante

Ley de Ohm:

La intensidad de corriente que recorre un circuito eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada entre sus bornes, e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica que presenta el circuito, según la expresión:

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

De esta expresión podemos deducir que si se mantiene constante la resistencia, la intensidad de corriente varía en la misma proporción que lo hace el voltaje en bornes.

Es decir intensidad y tensión son magnitudes directamente proporcionales.

Igualmente si la tensión de alimentación se mantiene constante la intensidad de corriente eléctrica varía en el sentido inverso en que lo hace la resistencia.

Es decir intensidad y resistencia son magnitudes inversamente proporcionales.

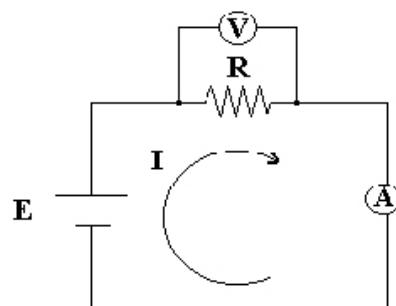


Imagen de elaboración propia

Curiosidad

Las fórmulas más utilizadas para la resolución de problemas son las de la ley de Ohm y la de la potencia eléctrica.

Siempre que conozcamos dos magnitudes eléctricas de un componente, aplicando estas fórmulas, de modo implícito, se pueden conocer las cuatro magnitudes fundamentales.

$V = I \cdot R$	$I = \frac{V}{R}$	$R = \frac{V}{I}$
$P = I \cdot V = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$		

La mejor forma de coger soltura con estas expresiones, es trabajar con ellas. A continuación te presentamos algunos ejercicios sencillos para que las pongas en práctica.

Ejercicio resuelto

Calcula la intensidad de corriente que atraviesa una resistencia de $2,2 \text{ k}\Omega$ cuando se aplican 10 voltios entre sus bornes.

Al efectuar cálculos, siempre que el resultado lo aconseje, éste se debe dar expresado en los múltiplos y submúltiplos de las magnitudes.

Mostrar retroalimentación

La resistencia está en $\text{k}\Omega$, si la pasamos a Ω , unidad del SI, su valor pasa a ser 2200Ω .

Sustituyendo en la ley de Ohm:

$$I = V/R = 10/2200 = 0,00454 \text{ A ó } 4,54 \text{ mA}$$

Reflexiona

Calcula la tensión aplicada a una resistencia de $1 \text{ M}\Omega$  por la que circula una intensidad de $50 \mu\text{A}$.

Mostrar retroalimentación

Sol. $V = 50 \text{ V}$

Reflexiona

Calcula la potencia que disipa una resistencia de $1 \text{ K}\Omega$  cuando se aplica entre sus bornes una tensión de 20 V .

Mostrar retroalimentación

Solución = La potencia es de $0,4 \text{ W}$ o 400 mW

Reflexiona

Calcula la potencia que disipan 25 mA de corriente al circular a través de una resistencia de 82 Ω .

Mostrar retroalimentación

Solución: $P = 51 \text{ mW}$

Reflexiona

La resistencia de una estufa disipa 1500 W cuando se aplican entre sus terminales una tensión de 220 V. Calcula el valor de la resistencia de la estufa y la intensidad que circula por ella.

Mostrar retroalimentación

Sol. $R = 32,26 \Omega$. $I = 6,82 \text{ A}$.

Comprueba lo aprendido

Vamos a complicar la cosa un poco. Completa los huecos en la siguiente tabla.

Resistencia	Tensión	Intensidad	Potencia
20 Ω		500 mA	
	6 V		12 W
		3 A	450 W
40 Ω	60 V		
		120 mA	1,44 W
18 Ω	9 V		
4,7 k Ω			130 mW
	120 V	20 mA	

Enviar

En cada celda a rellenar tienes que indicar dos cosas, por un lado el valor de la magnitud y por otro el de la unidad más adecuada para expresarla.

Georg Simon Ohm (1789-1854) fue un físico y matemático alemán que aportó a la teoría de la electricidad la Ley de Ohm, conocido principalmente por su investigación sobre las corrientes eléctricas. Puedes conocer algún dato más sobre este científico clave para el desarrollo del estudio de la electricidad visitando el siguiente enlace:

http://es.wikipedia.org/wiki/Georg_Simon_Ohm



Imagen de [BerndGhermann](#) en Wikipedia bajo Dominio Público

Importante

Ley de Joule:

Cuando la corriente eléctrica atraviesa un conductor, éste se calienta, emitiendo energía, de forma que **el calor desprendido es directamente proporcional a la resistencia del conductor, al tiempo** durante el que está circulando la corriente y **al cuadrado de la intensidad** que lo atraviesa.

$$E_{\text{calor}} = R \cdot I^2 \cdot t$$

Si todas las magnitudes utilizadas en esta fórmula están expresadas en las unidades del sistema internacional, el resultado se obtiene en julios.

Sin embargo es muy habitual utilizar la caloría como unidad de energía. En ese caso para convertir el valor obtenido en julios a calorías debe multiplicarse por el factor de conversión 0,24

$$1 \text{ julio} = 0,24 \text{ calorías}$$

Curiosidad

La ley de Joule debe su nombre a su descubridor el físico inglés James Prescott Joule. Si quieres conocer algún dato curioso sobre este importante científico visita el siguiente enlace:

http://es.wikipedia.org/wiki/James_Prescott_Joule

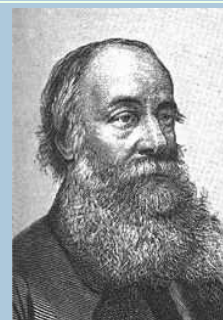


Imagen de [Searobin](#) en Wikimedia

Commons bajo Dominio Público

Al igual que ocurre con la ley de Ohm la mejor forma de familiarizarse con la ley de Joule es aplicarla. A continuación te planteamos cuatro ejercicios para que puedas practicar.

Ejercicio resuelto

Calcula el calor (expresado en julios y en calorías) que disipa una resistencia de 2 kΩ por el que están circulando 1,5 amperios durante 15 minutos.

Mostrar retroalimentación

En primer lugar pasamos los valores de cada una de las magnitudes a su unidad correspondiente en el SI.

$$R = 2 \text{ k}\Omega = 2000 \text{ }\Omega$$

$$I = 1,5 \text{ A}$$

$$t = 15' = 900 \text{ s}$$

Sustituimos en la expresión de la ley de Joule:

$$E_{\text{calor}} = R \cdot I^2 \cdot t = 2000 \cdot 1,5^2 \cdot 900 = 4.050.000 \text{ J}$$

Este valor es muy grande, si lo pasamos a MJ

$$E_{\text{calor}} = 4,05 \text{ MJ}$$

En calorías

$$E_{\text{calor}} = 4.050.000 \cdot 0,24 = 972.000 \text{ cal}$$

En kilocalorías

$$E_{\text{calor}} = 972 \text{ kcal}$$

Reflexiona

Calcular el tiempo que ha estado conectada una resistencia de 100 Ω, que ha disipado 4,5 kJ, mientras por ella circulaban 500 mA.

Mostrar retroalimentación

Sol: t = 3 minutos

Reflexiona

Calcula el valor de la resistencia que disipa 720 kJ, cuando es atravesada durante 10

Sol. $R=300\ \Omega$.

Reflexiona

Calcula la intensidad que ha recorrido durante 5 minutos una resistencia de $2,2\ \text{k}\Omega$, si en ese tiempo ha disipado $41,25\ \text{kJ}$.

Mostrar retroalimentación

Sol. $I=250\ \text{mA}$.

2.3. Leyes de Kirchhoff



Las dos leyes de Kirchhoff son muy utilizadas en ingeniería eléctrica para obtener los valores de intensidad de corriente y potencial en cada punto de un circuito eléctrico. Estas leyes surgen de la aplicación directa de la ley de conservación de la energía.

Importante

1ª Ley de Kirchhoff . Ley de los nudos o de las corrientes

En todo nudo la suma de corrientes entrantes es igual a la suma de corrientes salientes.

Por **nudo** entendemos un punto del circuito donde concurren varias ramas de un circuito eléctrico.

Un enunciado alternativo es:

En cualquier nudo la suma algebraica de corrientes debe ser cero.

Matemáticamente:

$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 \cdot \cdot \cdot + I_n = 0$$

En palabras más sencillas esta ley es una consecuencia directa del principio de conservación de la materia. Si planteamos la corriente eléctrica como el movimiento de cargas, al considerar un punto del circuito (un nudo en este caso) la cantidad de corriente que entra en él ha de ser igual a la cantidad de carga que sale.

Si consideramos las corrientes entrantes con un signo (por ejemplo positivo) y las salientes con el opuesto la suma de todos esos valores ha de ser cero necesariamente.

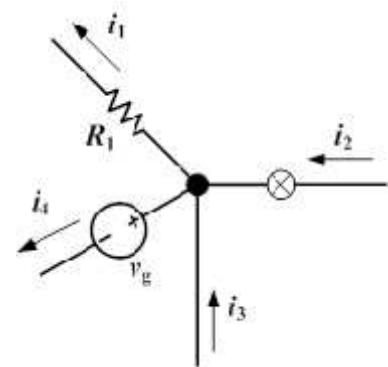


Imagen de elaboración propia

Importante

2ª Ley de Kirchhoff. Ley de las mallas o de las tensiones de malla

En toda malla la suma de todas las caídas de tensión es igual a la suma de todas las fuentes de tensión.

Por **malla** entendemos cualquier recorrido cerrado dentro de un circuito

Un enunciado alternativo es:

Matemáticamente:

$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n = 0$$

Kirchhoff está estableciendo un caso particular del principio de conservación de la energía. En una **mall**a en estado estacionario la suma de toda las tensiones aportadas por las fuentes de tensión ha de ser igual a la disipada en los receptores.

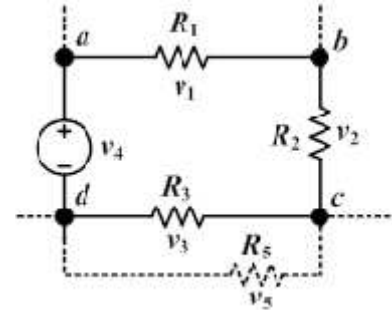


Imagen de elaboración propia

En la siguiente presentación se te muestra cómo se resuelve un circuito eléctrico con varias mallas usando las Leyes de Kirchhoff:

Leyes de Kirchhoff

Ejemplo resuelto



Diapositiva 1



Google Slides

3. El circuito eléctrico. Elementos.

Se denomina circuito eléctrico a una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.

Los circuitos eléctricos pueden llegar a ser muy complejos y estar formados por infinidad de componentes, sin embargo todos ellos están constituidos por elementos que se pueden agrupar en las siguientes familias:

- Generadores.
- Receptores.
- Elementos de control.
- Elementos de protección.
- Conductores.
- Conectores.

En los siguientes apartados vamos a estudiar cada uno de estos tipos de componentes por separado.

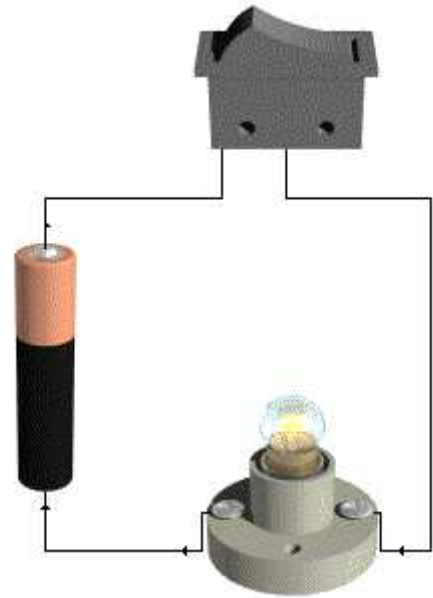


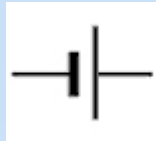
Imagen de elaboración propia

Importante

Un generador es un dispositivo que mantiene una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes.

Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar diversos tipos de energía en energía eléctrica.

El símbolo que utilizaremos en los esquemas eléctricos para representar un generador es:



A lo largo de este tema consideraremos que los generadores tienen un comportamiento ideal.

Un generador de voltaje ideal, es aquel que mantiene un voltaje fijo entre sus bornes independientemente de la resistencia de la carga que pueda estar conectada entre ellos.

Sea un circuito tipo como el siguiente:

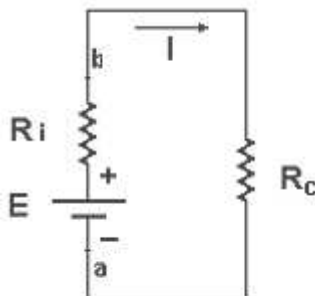


Imagen de elaboración propia

Donde E es la diferencia de potencial suministrada por el generador.

Por aplicación de la segunda ley de Kirchhoff se cumple que la tensión suministrada por el generador ha de ser igual a la suma de las caídas de tensión individuales en cada una de las resistencias.

Por otro lado en aplicación de la ley de Ohm la caída de tensión en las resistencias es igual al producto de la intensidad por su resistencia:

Matemáticamente:

$$E = I(R_i + R_c) = I \cdot R_i + I \cdot R_c = V_{R_i} + V_{ab}$$

Las magnitudes eléctricas características que identifican un generador ideal de tensión son:

- **R_i es la resistencia interna:**

Este valor se mide en ohmios, y **es la oposición que presenta el generador a la circulación de corriente a su través.**

Este elemento no existe físicamente como un componente eléctrico, pero se cuantifica y se representa simbólicamente en el circuito como una resistencia convencional en serie con uno de los bornes del generador, y cuando el circuito está cerrado y circula corriente por él se ocasionan en la R_i unas pérdidas de tensión.

$$V_{R_i} = I \cdot R_i$$

Es decir, produce una reducción de la tensión en bornes del generador, de tal forma que la tensión que se puede aprovechar no es la total sino la que resulta de restar ese valor que se pierde dentro del propio generador.

$$V_{ab} = E - V_{R_i} = E - I \cdot R$$

● **Fuerza electromotriz (f.e.m.):**

Se suele identificar con la letra **E**, se mide en voltios. Se define como **el trabajo que debe aportar el generador para transportar la unidad de carga del polo negativo al positivo por el interior del generador**.

Es igual a la diferencia de potencial en los bornes del generador V_{ab} , mientras el generador esté en vacío, ya que al no haber circulación de corriente $I=0$, no habrá caída de tensión en la resistencia interna R_i ; pero cuando el generador está en carga V_{ab} dependerá de la R_c que se conecte al circuito.

● **Intensidad nominal, I_n :**

Máximo valor de corriente que puede suministrar el generador, sin que se resienta su funcionamiento normal, es un dato que proporciona el fabricante. Cuando calculamos un circuito se debe tener la precaución de no sobrepasar este valor. Es decir:

$$I = \frac{E}{R_i + R_c} < I_n$$

Un generador es capaz de proporcionar toda la corriente que se le solicite, mientras tenga reservas de carga, pero si suministra valores de corriente por encima de su valor nominal se acorta su vida útil muy significativamente, pudiendo llegar a quemarse.

● **Capacidad de carga (A·h):**

La capacidad de carga total de una pila se mide en amperios por hora (Ah); **es el número máximo de amperios que el elemento puede suministrar en una hora**.

Una batería con una capacidad de carga de 10 Ah puede estar alimentando un circuito que requiera 1 amperio durante 10 horas, o bien 0,5 amperios durante 20 horas y así sucesivamente.

Generalmente cuando se extrae una gran cantidad de corriente de manera continuada la pila sufre más y entrega menos potencia total que si la solicitud de carga es para valores de corriente más reducidos.

Existen diversos **tipos de generadores eléctricos**, las más habituales son las pilas, las baterías y las fuentes de tensión o corriente.

● **Pila eléctrica**, Dispositivo que genera energía eléctrica a partir de la energía química que tiene acumulada. A medida que el generador se va agotando, su resistencia interna aumenta, lo que hace que la tensión disponible sobre la carga vaya disminuyendo, hasta que no sea suficiente para alimentar al receptor, por lo que debe recargarse, o sustituirse por otra. Esta energía resulta accesible mediante dos terminales que tiene la pila, llamados polos, electrodos o **bornes**. Uno positivo y el otro negativo.

● **Baterías o acumuladores**: Son generadores recargables.

● **Fuentes de tensión o corriente:** dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta.



Imagen en [ITE](#) bajo licencia [CC](#)



Imagen en [ITE](#) bajo licencia [CC](#)

Curiosidad

Una pila nueva de las normales de 1,5V presenta una resistencia interna $0,35 \Omega$, aproximadamente, a medida que se va agotando su resistencia interna va aumentando y una vez agotada alcanza varios ohmios.

Por esta razón la medición de la tensión con un voltímetro no informa de en que estado se encuentra la pila; a circuito abierto una pila con toda la carga consumida puede marcar 1,4V dada la carga insignificante que representa la resistencia de entrada del voltímetro, pero, si la medición se efectúa con la resistencia de carga que habitualmente alimenta, la lectura descenderá por debajo de 1 V, por lo que esa pila ha dejado de tener utilidad.

Las pilas alcalinas tienen una curva de descarga mucho más suave que las convencionales de carbón; su resistencia interna aumenta proporcionalmente mucho más despacio.

4.1 Asociación de pilas



En ocasiones la aportación de una sola **pila** no es suficiente para alimentar a un receptor. En esos casos se recurre a la utilización conjunta de dos a más pilas. Existen dos tipos de asociación:

Importante

Asociación en paralelo:

- Se utiliza cuando se requiere una corriente mayor de la que puede proporcionar un único elemento, aunque su tensión sea la adecuada.
- Se realiza uniendo los polos positivos de todas ellas, por un lado, y los negativos, por otro.
- De este modo la cantidad total de corriente que requiere la carga la aportan equitativamente cada una de las pilas asociadas en paralelo.

Esta asociación presenta el inconveniente de que si un elemento falla antes que sus compañeros, o se cortocircuita, arrastra irremisiblemente en su caída a todos los demás. Por ello es necesario que cuando se recurre a asociaciones de pilas en paralelo estas deben ser idénticas.

Importante

Asociación en serie:

- Se utiliza cuando se requiere alimentar a un receptor con una diferencia de potencial mayor de la que es capaz de proporcionar una sola pila.
- Se realiza conectando el borne positivo de la primera pila con el negativo de la segunda y así sucesivamente.
- La fem resultante es igual a la suma algebraica de las fems de cada una de las fuentes, y la corriente que atraviesa a todo el conjunto de la asociación será la misma, ya que están conectadas en serie.

Cuando se realiza una asociación en serie las pilas deberían ser gemelas, ya que de no ser así la que tuviese una I_n menor sería la primera en agotarse y desharía el efecto de la asociación.

Curiosidad

frecuencia el estado del ventilador de la fuente. Un ventilador de fuente deteriorado puede significar el final de nuestro equipo, ya que se podría elevar la temperatura por encima de valores recomendados y podrían quemarse los componentes más sensibles del sistema.



Imagen de [JM Rubio](#) en ITE bajo licencia [CC](#)

Si tenemos pensado conectar muchos elementos, por ejemplo, discos duros, dispositivos internos, dispositivos USB,...tenemos que elegir cuidadosamente la fuente de alimentación que sea capaz de abastecer todo el consumo holgadamente. Si la fuente no pudiera alimentar suficientemente a todos los dispositivos a ella conectados, podrían provocarse fallos en algunos de estos dispositivos y podemos acabar con la placa base quemada.

5. Receptores

Los **receptores** son todos aquellos **elementos de un circuito eléctrico que transforman la energía eléctrica de los generadores en otro tipo de energía.**

Existe una gran variedad de receptores (lámparas, motores, zumbadores,...), en el desarrollo de este tema vamos a centrarnos únicamente en unos elementos llamados resistores.

Importante

Resistor

La resistencia o resistor, es un componente electrónico fabricado expresamente para introducir una determinada **resistencia eléctrica entre dos puntos de un circuito.**

Generalmente se utilizan para **limitar la corriente** que circula por un circuito y que ésta no alcance valores que podrían resultar destructivos para sus componentes. También son empleados en ocasiones para fijar un valor determinado de tensión entre dos puntos de un circuito.

El símbolo que les identifica es cualquiera de los dos siguientes:



En algunas circunstancias se utilizan las resistencias para que por efecto Joule se produzca calor, como ocurre en el caso de un horno, un secador, un calentador, una plancha,...

Se suele emplear la palabra resistor para identificar al componente electrónico y la palabra resistencia para hacer referencia a la magnitud eléctrica.

La máxima corriente eléctrica que puede atravesar un resistor depende de la capacidad de disipación de potencia que éste tenga. Los valores más habituales son 0,25 W. 0,5 W. y 1 W.

Existen resistencias que pueden variar su valor actuando sobre un cursor, entonces reciben el nombre de **potenciómetros o reóstatos.**



Imagen de [A.Frank99](#) en

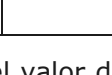
Wikimedia Commons bajo [CC](#)

Imagen de [F.Vallés](#) en ITE

bajo licencia [CC](#)

Para identificar el valor de las resistencias se emplea un código de colores, en el que a cada color del código se le asigna un valor numérico como se indica en la tabla adjunta.

Color de la franja		1ª cifra significativa	2ª cifra significativa	Multiplicador	Tolerancia
Negro		0	0	10^0	
Marrón		1	1	10^1	$\pm 1\%$
Rojo		2	2	10^2	$\pm 2\%$

Naranja		3	3	10^3	
Amarillo		4	4	10^4	4%
Verde		5	5	10^5	$\pm 0,5\%$
Azul		6	6	10^6	
Violeta		7	7	10^7	
Gris		8	8	10^8	
Blanco		9	9	10^9	
Dorado				10^{-1}	$\pm 5\%$
Plateado				10^{-2}	$\pm 10\%$
Ninguno					$\pm 20\%$

Para identificar el valor de resistencia de un resistor se graban franjas de colores sobre su contorno, lo habitual es que sean cuatro franjas, aunque pueden ser tres o cinco rayas.

Las franjas se leen de izquierda a derecha:

- La última franja más a la derecha indica la tolerancia o precisión (normalmente dorada o plateada).
- De las restantes, la última es el multiplicador y las otras las cifras.

El valor de la resistencia eléctrica se obtiene leyendo las cifras como un número de una, dos o tres cifras; se multiplica por el multiplicador y se obtiene el resultado en ohmios (Ω). A este valor se le aplica la tolerancia.

De modo que se empieza a decodificar por la franja que está situada más a la izquierda, próxima al extremo del componente, desde el extremo que tiene la franja más cercana a él, dando el valor de la resistencia los tres primeros colores.

- La primera franja representa el dígito de las decenas.
- La segunda franja representa el dígito de las unidades.
- El número así formado se multiplica por la potencia de 10 expresada por la tercera franja (multiplicador).

Ejercicio resuelto

Determina la resistencia de un resistor que tenga grabados los colores verde, amarillo, rojo y dorado.

Mostrar retroalimentación

- Registramos el valor de la primera línea (verde): 5

la tercera.

$$R = 54 \times 100 = 5400\Omega \text{ o } 5,4 \text{ k}\Omega.$$

Así se obtiene el valor de la resistencia expresada en ohmios, y a este valor se aplica la tolerancia, en este caso dorado que equivale a una precisión de $\pm 5\%$.

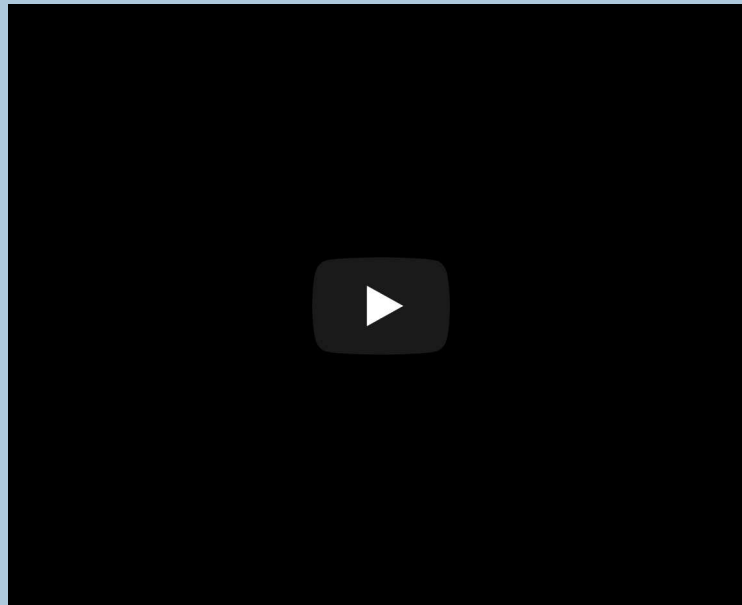
Por lo que el valor de la resistencia será:

$$R_n = 54 \times 10^2 = 5400 \Omega \pm 5\%.$$

Curiosidad

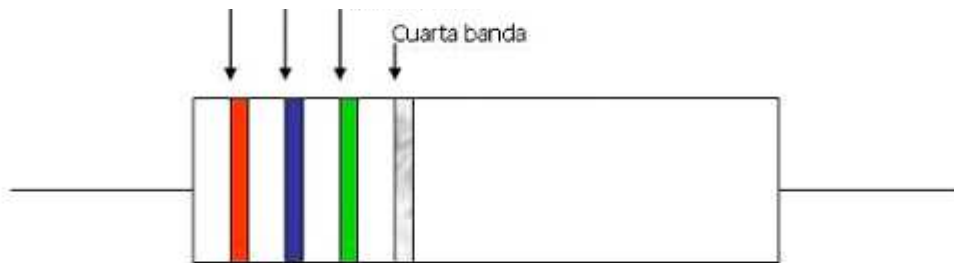
Vídeo de sobre como leer el código de resistencias. 31 s.

<http://www.youtube.com/watch?v=NHmLrL2GOho&feature=related>



Ejercicio resuelto

Determinar el valor de la resistencia de la figura:



Mostrar retroalimentación

1º cifra: rojo = 2
 2º cifra: Azul = 6
 Multiplicador: verde = 10^5
 Es decir: $R_n = 26 \times 10^5 \Omega$

El cuarto color nos informa de la tolerancia o precisión con que se ha fabricado el componente, en este caso sería: Plata = $\pm 10\%$.

Por lo que realmente el valor correcto de la resistencia sería:

$$R_n = 26 \times 10^5 \pm 10\% \Omega = 2,6 \text{ M} \Omega \pm 10\%$$

Reflexiona

¿Qué colores llevará grabados una resistencia de valor nominal: $R_n = 4,7 \text{ k} \pm \Omega 10\%$?

Mostrar retroalimentación

Para contestar a este ejercicio, en primer lugar se debe expresar la resistencia en ohmios .

$$R_n = 4,7 \text{ k} \Omega = 4,7 \times 10^3 \Omega = 47 \times 10^2 \Omega$$

- Por lo que el primer color corresponde a la cifra 4 = **Amarillo**.
- El segundo color a la cifra 7 = **Violeta**
- El tercer color al exponente del multiplicador 10^2 = **Rojo**.
- Y el cuarto color a la tolerancia $\pm 10\%$ = **plateado**.

Por lo tanto la resistencia estará grabada: **Amarillo-Violeta-Rojo-Plateado**.

Curiosidad

Solamente se fabrican resistores con ciertos valores nominales que se llaman la serie de números preferidos, y que son los de la tabla adjunta:

10.0	11.0	12.0	13.0	15.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	27.0	30.0
33.0	36.0	39.0	43.0	47.0	51.0	56.0	62.0	68.0	75.0	82.0	91.0

Solo se pueden conseguir resistores con esos valores y sus múltiplos en potencias de diez; por ejemplo en la tabla aparece el número 47, eso quiere decir que en el mercado hay resistencias de $0.47\ \Omega$, $4.7\ \Omega$, $47\ \Omega$, $470\ \Omega$, $4.7\ \text{k}\Omega$, $47\ \text{k}\Omega$, $470\ \text{k}\Omega$, $4.7\ \text{M}\Omega$.

5.1. Efecto de la temperatura en los resistores



La **resistencia eléctrica** es una magnitud **muy sensible a la temperatura**, de modo que ésta varía en función de la temperatura a que se encuentre el resistor según la expresión:

$$R_T = R_{20}(1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Donde R_T es la resistencia a la temperatura T .

R_{20} es la resistencia a la temperatura que se considera normal (20°C).

$\Delta T = T - 20$, es decir el incremento de temperatura.

α es el coeficiente de temperatura de un resistor, valor que da el fabricante.

La siguiente tabla muestra el coeficiente de temperatura y resistividad eléctrica de algunos materiales a 20°C .

Material	Coeficiente térmico a ($^\circ\text{C}^{-1}$)	Resistividad eléctrica ρ ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
Plata	0,0038	0,0159
Cobre	0,00393	0,017
Oro	0,0034	0,022
Aluminio	0,00391	0,0282
Tungsteno	0,005	0,056
Níquel	0,006	0,064
Hierro	0,0055	0,1
Constantán	0,000008	
Nicrom	0,00044	1,50
Carbono	-0,005	35

Reflexiona

Una resistencia fabricada de aluminio presenta una resistencia a 20°C de $4,7\text{ k}\Omega$, calcular que valor tendría si está a una temperatura de 95°C .

Mostrar retroalimentación

Sol. $R_{95^\circ\text{C}} = 6078\ \Omega$.

Reflexiona

Una resistencia de níquel tiene un valor, a 20°C de temperatura, de 27 MΩ, en las condiciones normales de trabajo se mide su resistencia y resulta ser de 41,58 MΩ. Calcular la temperatura a la que se encuentra la resistencia.

Mostrar retroalimentación

Sol. $T=110^{\circ}\text{C}$.

5.2. Resistencia de un conductor



La resistencia de cualquier conductor es:

- Directamente proporcional a la **resistividad** que presenta el material del que está fabricado el conductor, representado por la letra griega **ρ** (rho) expresada en $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$,
- Directamente proporcional a la **longitud del conductor L** expresada en metros.
- Inversamente proporcional a la **sección del conductor S** expresada en mm^2 .

Según la expresión:

$$R_c = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Reflexiona

Calcula la resistencia que presenta un conductor de cobre de 300 metros de longitud que presenta una sección transversal de 2 mm^2 .

Mostrar retroalimentación

Sol. $R_c = 2,55 \Omega$.

Reflexiona

¿Cuál debería ser la longitud de un alambre de aluminio redondo de 6 mm de diámetro para que tenga una resistencia de 10Ω ?

Mostrar retroalimentación

Sol. $L = 10026 \text{ m}$.

Reflexiona

Calcula el máximo diámetro que puede tener un conductor de níquel que tiene 100 metros de longitud, si su resistencia no puede ser mayor de 2Ω .

Mostrar retroalimentación

Reflexiona

Se tiene un cable de 500 metros de longitud y 4 mm^2 de sección, que presenta una resistencia de $3,5 \Omega$. ¿De qué material estará fabricado el conductor?

Mostrar retroalimentación

Sol. $\rho = 0,028 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$. Según la tabla debería ser aluminio

5.3. Resistencias especiales

Llamaremos resistencias especiales a varios tipos de resistores cuya característica principal es que el valor de su resistencia no es constante, sino que depende de alguna magnitud externa. Estas resistencias se fabrican con materiales especiales, generalmente semiconductores.

En función de como se produzca la variación en el valor de la resistencia se distinguen los siguientes tipos de resistencias variables:

● Termistores:

Resistores cuyo **valor de resistencia varía con la temperatura**. Hay de dos tipos:

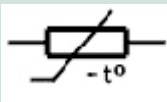
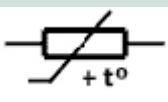
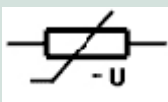
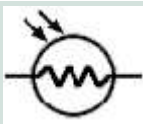
- **NTC**: (negative termistor coefficient). En estos elementos la resistencia va decreciendo a medida que aumenta la temperatura, la relación entre el valor de la resistencia y la temperatura no es lineal sino exponencial. Se emplean en su fabricación óxidos semiconductores de níquel, cobalto y zinc. No cumplen la ley de Ohm.
- **PTC**: (positive termistor coefficient). En estos elementos el valor de la resistencia va aumentando a medida que aumenta la temperatura. Se emplean como sensores de temperatura y para proteger de sobrecalentamientos a componentes sensibles a la temperatura.

● Varistores:

Resistencias variables en las que el **valor de la resistencia disminuye a medida que se incrementa el voltaje** al que se somete al elemento. Se conocen como **VDL**: (voltaje dependent resistor).

● Fotoresistores:

Resistencias variables cuyo **valor varían según la luz que incide sobre ellas**. **LDR**: (Light dependent resistor). Cuanto mayor es la intensidad de luz que llega al LDR menor es la resistencia que ofrece al paso de corriente.

NTC	PTC	VDL	LDR
			
			
Imagen de A.Quisi en ITE bajo CC	Imagen de Shaddack en Wikimedia Commons bajo CC	Imagen de M. Schmid en Wikimedia Commons bajo CC	Imagen de A.Quisi en ITE bajo CC

Importante

Elementos de control y mando:

Elementos que permiten realizar la conexión y desconexión de los circuitos eléctricos;

Existe una gran cantidad de tipos y variantes de elementos de control y mando. En este tema prestaremos especial atención a los llamados **diodos**.

Antes de estudiar los diodos vamos a ver brevemente otros elementos importantes son:

● Interruptores:

Son componentes que permiten o impiden el paso de la corriente eléctrica, según el estado en que se encuentren, son los que emplean generalmente para gobernar la luz de una habitación; su símbolo es el de la figura:



Imagen de [F.Vallés](#) en

ITE bajo licencia [CC](#)

● Conmutadores:

Presentan un aspecto idéntico a los interruptores, pero interiormente tienen otro tipo de contactos que permiten controlar una lámpara desde dos puntos conmutados alternativamente, su símbolo es el de la figura:



En el siguiente esquema puedes observar el funcionamiento combinado de dos conmutadores que permiten encender y apagar una bombilla desde dos puestos diferentes:

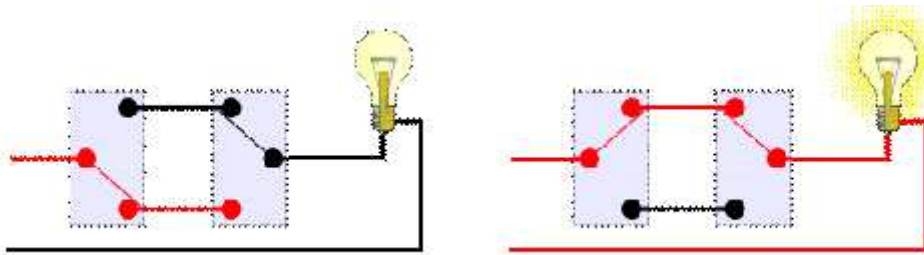
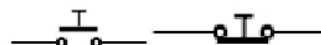


Imagen de elaboración propia

● Pulsadores:

Son componentes que permiten o impiden el paso de la corriente eléctrica, cuando se actúa sobre ellos, tienen la característica de que un resorte los mantiene en una posición estable y pueden estar **normalmente abiertos (NA)** es decir desconectados, o **normalmente cerrados (NC)**.



Son los que se emplean para hacer sonar un timbre (NA), o controlar la lámpara interior de un frigorífico (NC).

Símbolo pulsador

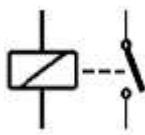
Imagen de [A.Quisi](#) en ITE

bajo licencia [CC](#)

● Relés:

Cumplen la misma función que los interruptores, pero en lugar de activarse manualmente, su **conexión/desconexión se realiza por medio de un circuito eléctrico auxiliar** por el que circula una corriente de valor reducido, **que activa la bobina de un electroimán** que atrae a una lámina metálica que actúa como contacto del relé; puede tener uno o más conjuntos de contactos conmutados, de modo que pueda servir para abrir o cerrar uno o más circuitos.

En la siguiente animación puedes ver el esquema de funcionamiento de un relé. Cuando la corriente pasa por la bobina produce un campo magnético que mueve la pieza gris. Esta a su vez produce el movimiento del contacto central.



Símbolo relé

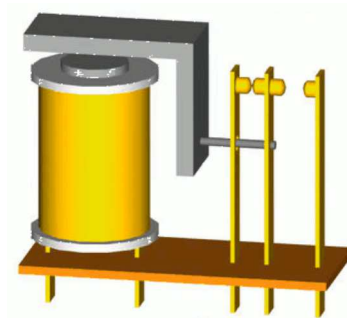


Imagen de [Diggalos](#) en Wikimedia Commons

bajo licencia [CC](#)

Importante

Diodo:

Componente electrónico que sólo permite la circulación de corriente a través suyo cuando está conectado en **polarización directa**.

Cuando se conecta el polo positivo de la batería al terminal del diodo llamado ánodo (A), y el negativo de la batería al cátodo (K) del diodo, la corriente puede pasar a su través.

En cambio si la conexión se realiza en sentido contrario, el elemento se opondrá al paso de la misma. Ese tipo de conexión se denomina **polarización inversa**.

Esta interesante propiedad tiene múltiples aplicaciones, entre ellas destaca el que pueda utilizarse para realizar la conversión de corriente alterna en continua, a este procedimiento se le denomina rectificación.

En la imagen de la derecha puedes ver el símbolo del diodo y una fotografía de un diodo, observa que el cátodo del diodo aparece señalado con una banda de color.

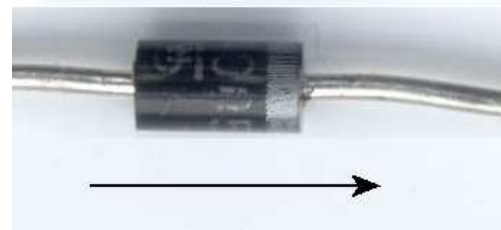


Imagen de elaboración propia

El funcionamiento de un diodo queda reflejado en un gráfico característico de cada modelo y que recibe el nombre de **curva característica del diodo**:

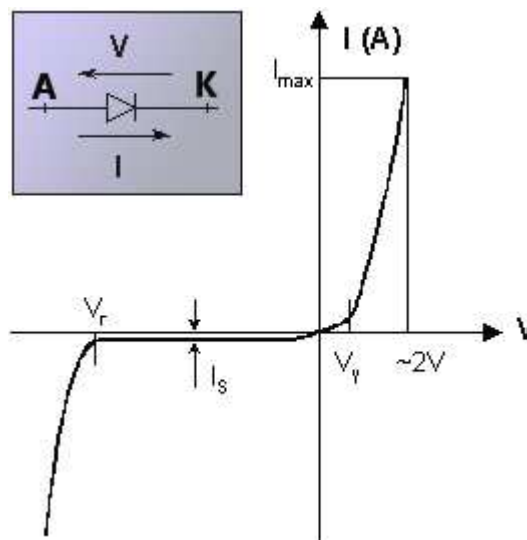


Imagen de elaboración propia

En la figura no están representadas a la misma escala las tensiones de polarización directa e inversa, para resaltar visualmente el proceso de conducción eléctrica en ambos casos.

En la curva puede verse como un diodo tiene una serie de valores característicos, que los identifican y diferencian, estos son:

- **Tensión umbral o de codo (V_g).** Cuando el diodo está directamente polarizado debe vencer la tensión de codo para permitir el paso franco de corriente a su través, de forma que para

pequeños incrementos de tensión se producen grandes variaciones de la intensidad de corriente.

● **Corriente máxima ($I_{\max}$)**. Es la máxima intensidad de corriente que puede atravesar el diodo sin que se destruya por efecto Joule.

● **Corriente inversa de saturación (I_s)**. Es la pequeñísima corriente que se establece al polarizar inversamente el diodo, tan pequeña que podemos considerar que se comporta como un circuito abierto.

● **Tensión de ruptura (V_r)**. Es la tensión inversa máxima que el diodo puede soportar antes de producirse el efecto avalancha y que pase a conducir aún estando inversamente polarizado, como ocurre en los diodos zener, o bien se deteriora como ocurre con los diodos convencionales.

Los **diodos ideales**, permiten el paso de toda la corriente en una única dirección, la correspondiente a la polarización directa, cuando $V_A > V_K$, y no conducen cuando se polarizan inversamente, cuando $V_A < V_K$. Se considera que su tensión de codo es cero.

6.2. Circuitos con diodos



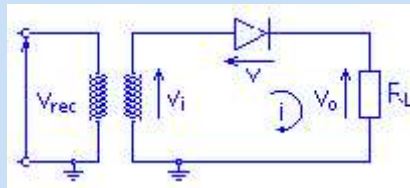
En este apartado vamos a estudiar el comportamiento de varios circuitos con diodos.

Importante

Rectificador de media onda

Es el circuito más sencillo que puede construirse con un diodo, se emplea para eliminar la parte negativa o positiva de una señal, la que polariza inversamente al diodo, de una señal de corriente alterna de entrada (V_i) convirtiéndola en corriente directa de salida (V_o).

El circuito tiene la forma:



ANÁLISIS DEL CIRCUITO

● Polarización directa $V_A > V_K$ ($V_i > 0$)

En este caso, el diodo permite el paso de la corriente sin restricción, provocando una caída de potencial igual a la tensión de codo, que es de 0,7V, si se trata de diodos de silicio, y de 0,3V, en el caso del germanio,

$$V_o = V_i - V_D \rightarrow V_o = V_i - 0,7 \text{ V}$$

La intensidad de la corriente puede fácilmente calcularse mediante la ley de Ohm:

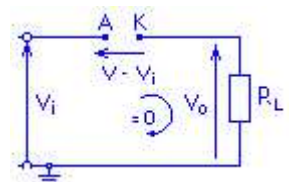
$$I = \frac{V_o}{R_L}$$

R_L es una resistencia limitadora que se intercala en el circuito para limitar la cantidad de corriente que circula por él y así proteger al diodo de sobreintensidades que no podría soportar.

● Polarización inversa $V_A < V_K$ ($V_i < 0$)

En este caso, el diodo no conduce, quedando el circuito abierto. La tensión de salida es nula, al igual que la intensidad de la corriente:

$$\begin{aligned} V_o &= 0 \\ I &= 0 \end{aligned}$$



● Tensión rectificada.

Como acabamos de ver, la curva de transferencia, que relaciona las tensiones de entrada y salida, tiene dos tramos: para tensiones de entrada negativas la tensión de salida es nula, mientras que para entradas positivas, la tensión se reduce en 0.6V. El resultado es que en la carga se ha eliminado la parte negativa de la señal de entrada.

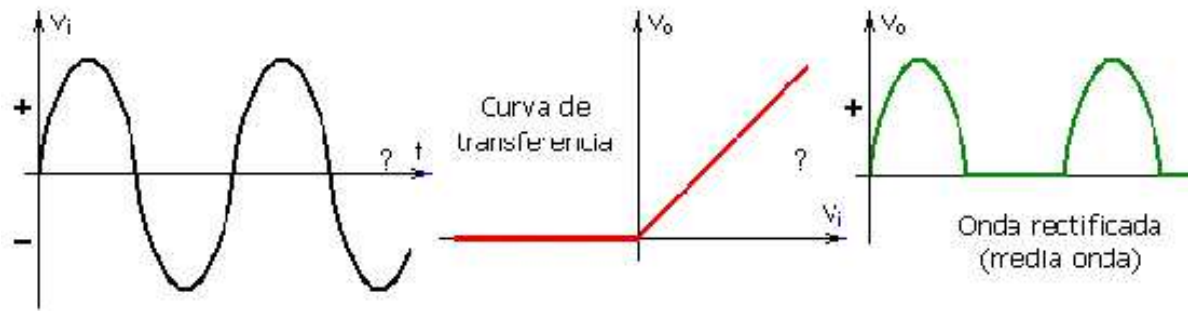


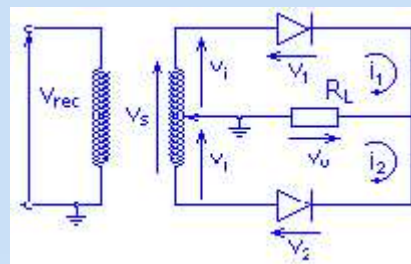
Imagen de elaboración propia

Importante

Rectificador de onda completa

se utiliza para convertir una corriente alterna de entrada (V_i) en corriente de salida (V_o) pulsatoria. A diferencia del rectificador de media onda, ahora, la parte negativa de la señal se convierte en positiva o bien la parte positiva de la señal se convertirá en negativa.

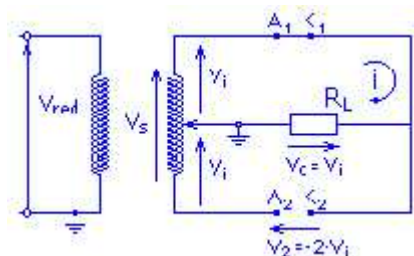
El circuito tiene la forma:



El circuito de la figura es un rectificador con dos diodos. Cada diodo se encuentra polarizado de modo distinto para cada semionda de la señal de alimentación, ya que las diferencias de potencial a las que están sometidos son de signo contrario; por tanto uno se encontrará polarizado inversamente y el otro directamente. La tensión de entrada (V_i) es la mitad de la tensión del secundario del transformador.

● Tensión de entrada positiva.

El diodo 1 se encuentra en polarización directa (conduce), mientras que el 2 se encuentra en polarización inversa (no conduce). La tensión de salida será igual a la de entrada. El diodo 2 debe de soportar en inversa la tensión máxima del secundario.



● Tensión de entrada negativa.

El diodo 2 se encuentra en polarización directa (conduce), mientras que el diodo 1 se encuentra en polarización inversa (no conduce). La tensión de salida es igual a la de entrada pero de signo contrario. El diodo 1 tiene que soportar en inversa la tensión máxima del secundario.

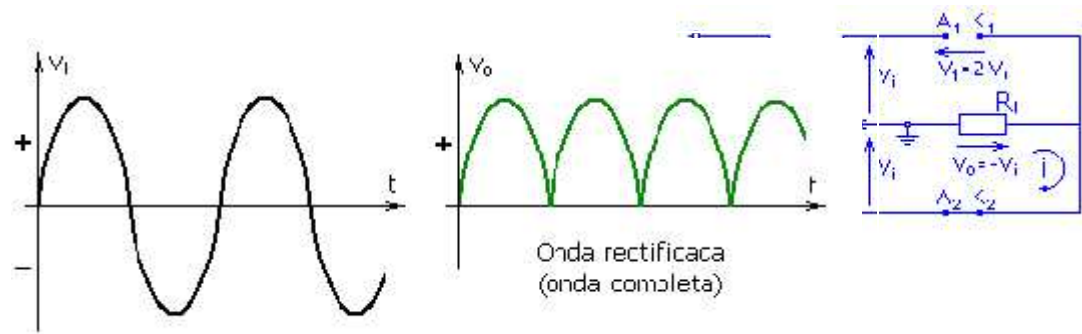


Imagen de elaboración propia

6.3. Tipos de diodos



Además del diodo convencional que hemos estudiado en los dos puntos anteriores, existen algunos otros que se emplean habitualmente y que tienen características especiales. Los más importantes son:

● Diodo LED:

Acrónimo del inglés de Light-Emitting Diode, es un diodo que emite luz cuando se polariza de forma directa. El color que emite depende del material semiconductor empleado en su fabricación y puede variar desde el ultravioleta, pasando por el visible, hasta el infrarrojo.

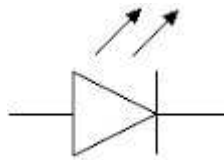


Imagen de [Lokal](#) en Wikimedia

Commons bajo licencia [CC](#)

Curiosidad

- Las lámparas con diodos LED, dan una **luz blanca** muy grata, **consumen muy poco** y **duran muchos años**, por lo que en breve van a sustituir a las bombillas incandescentes.
- Los diodos LED son conocidos desde los años 60. Son esos pilotos rojos y verdes que hay en todos los aparatos electrónicos. Dentro de la cápsula de plástico de un diodo LED hay un material semiconductor, que al aplicarle una pequeña corriente eléctrica, **toda la energía absorbida se transforma en energía luminosa de una sola longitud de onda, sin producir nada de calor**. El color puede ser incluso invisible para el ojo humano, como sucede con los LED infrarrojos que hay en los mando a distancia de los aparatos electrodomésticos.
- Si los LED son tan antiguos, ¿por qué no se ha generalizado su uso antes? La cuestión es precisamente el color. Para conseguir luz blanca se tienen que mezclar luz roja, verde y azul a partes iguales. Puedes comprobar mirando de cerca una parte blanca de la pantalla del ordenador, y verás que está formada por diminutos puntos de estos colores. Cuando te vas alejando, verás el color blanco. Los diodos rojos y verdes eran muy fáciles y baratos de producir, pero no así los azules. En 1993 Shuji Nakamura descubrió un método muy barato y eficaz para su fabricación utilizando nitruro de Galio y nitruro de Indio, que es el proceso de fabricación que se sigue en la actualidad. Con el descubrimiento de los LED azules se abrió la puerta a la iluminación doméstica, pantallas de ordenador más ligeras y luces de discoteca más espectaculares; puede conseguirse cualquier color y se pueden controlar mediante un PC.

Ventajas de los diodos LED

- **Tamaño:** a igual luminosidad, un diodo LED ocupa menos espacio que una bombilla incandescente.
- **Luminosidad:** los diodos LED son más brillantes que una bombilla, y además, la luz no se concentra en un punto (como el filamento de la bombilla) sino que todo el diodo brilla por igual.
- **Duración:** un diodo LED puede durar 50.000 horas, o lo que es lo mismo, seis años permanentemente encendidos. Es decir 50 veces más que una bombilla incandescente.
- **Consumo:** un semáforo que sustituya las bombillas por diodos LED consumirá 10 veces menos con la misma luminosidad.

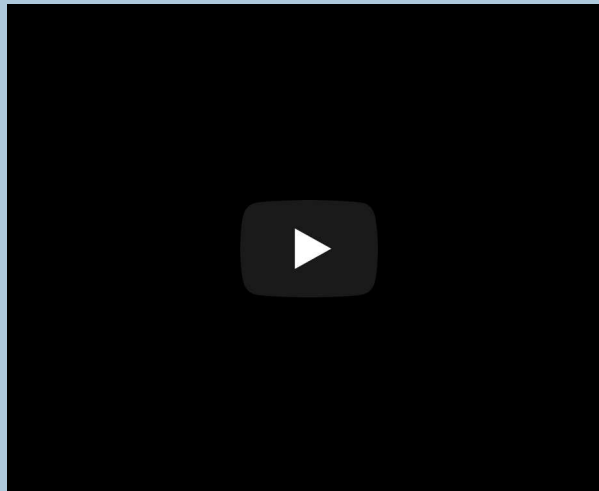


Imagen de [APPER](#) en Wikimedia

Commons bajo licencia [CC](#)

Curiosidad

Visiona el siguiente vídeo. "Los diodos led como componentes optoelectrónicos". 1,2.
http://www.youtube.com/watch?v=oRDq_ZBPzUM&hl=es



● Fotodiodo:

Diodo sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Debe polarizarse inversamente para su adecuado funcionamiento, cuando sea excitado por la incidencia de la luz permitirá el paso de una cierta cantidad de corriente eléctrica.

Los fotodiodos se comportan como células fotovoltaicas. Suelen estar fabricados de silicio, sensible a la luz visible y de germanio para luz infrarroja.

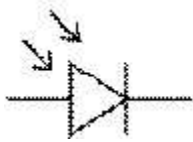


Imagen de elaboración propia

● Diodo Zener:

Diodo de silicio que se ha construido para que funcione en la zona de tensión de ruptura o avalancha. El diodo zener es el elemento esencial de los reguladores de tensión que llegan a obtener valores casi constantes, al margen de las oscilaciones que presente la tensión de red, de la resistencia de carga y de la temperatura.

El diodo Zener se representa en los esquemas con el siguiente símbolo:

Está polarizado en forma inversa, obsérvese que la corriente tiene un valor casi nulo mientras que el voltaje se incrementa rápidamente, en este ejemplo fue con 17 voltios, al circular una corriente a través de éste se produce una pequeña caída de tensión de ruptura.

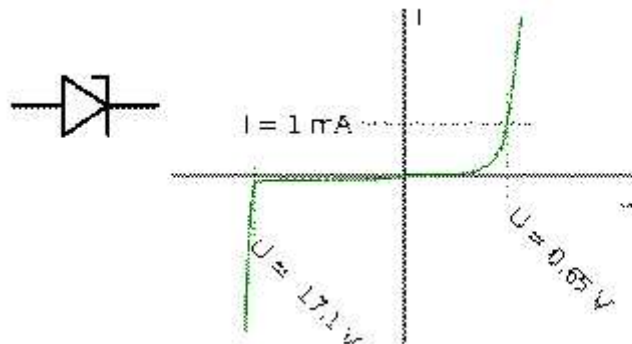
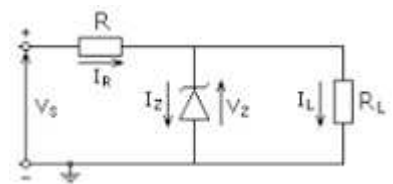


Imagen de elaboración propia

Los diodos Zener mantienen la tensión entre sus terminales prácticamente constante, cuando están polarizados inversamente, por ello, estos diodos se utilizan en circuitos estabilizadores o reguladores de la tensión como en el de la figura.

Eligiendo adecuadamente la resistencia R y las características del diodo, se consigue que la tensión en la carga (R_L) permanezca prácticamente constante aunque la tensión de entrada V_S presente oscilaciones.



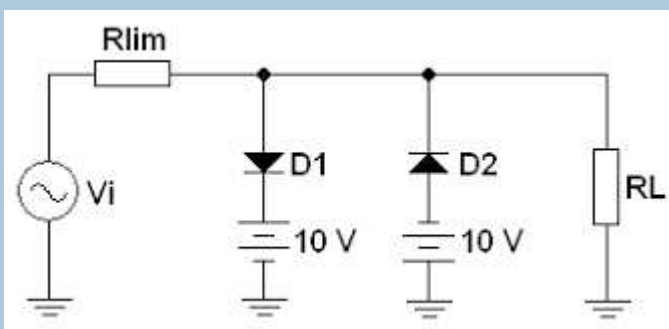
Curiosidad

● Recortador de onda polarizado

Si lo que necesitamos es que la tensión en la carga esté comprendida entre $+10\text{ V}$, montaremos el siguiente circuito.

Análisis de funcionamiento del circuito:

- Cuando la tensión de entrada se mantiene dentro de sus límites normales, esto es, entre 10 V y -10 V , ninguno de los diodos conduce.
- En el instante que la tensión supere los 10.7 V (los 10 V de la pila más los 0.7 V de la tensión de codo del diodo), el diodo $D1$ queda polarizado directamente y

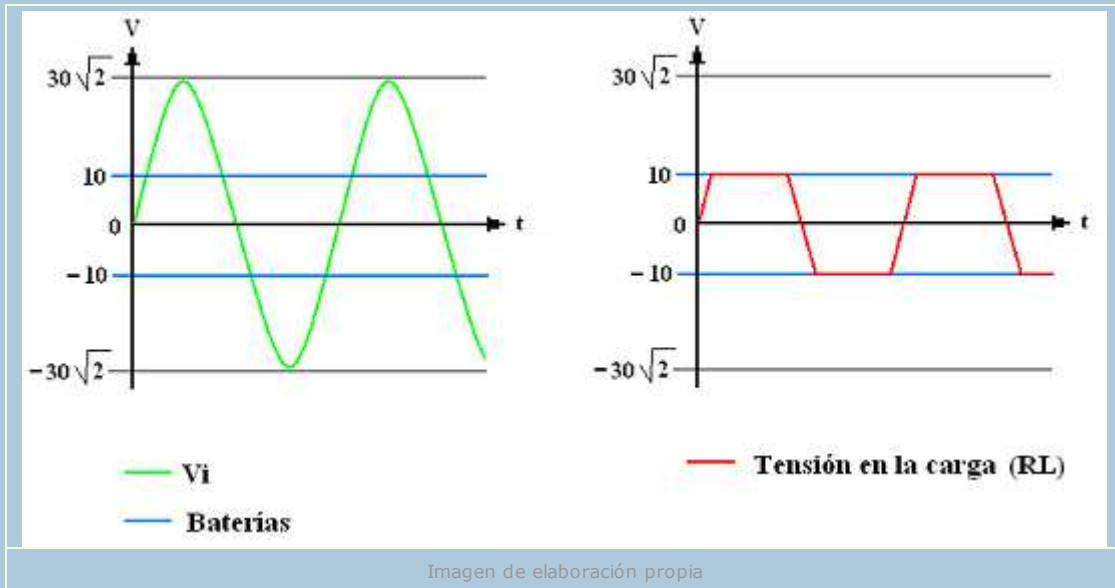


En la tensión de entrada disminuye por debajo de $10\sqrt{2}$ V, en este caso es el diodo D2 el que se polariza directamente y conduce, por lo que en la carga la tensión se mantendrá en ese valor.

Hay que destacar que en vez de **baterías**, también podrían conectarse diodos zener polarizados inversamente cuya tensión zener fuese igual a la de las baterías que necesitamos colocar. Además las dos baterías o diodos zener no tienen por que tener el mismo potencial, deberán tener el potencial al que queramos que se recorte la señal de salida.

● Formas de onda

Ahora estudiaremos más a fondo qué es lo que hace el limitador estudiando las distintas formas de onda de la tensión en la entrada y en la carga, en el caso concreto en el que nuestra carga no soporta tensiones mayores de 10 V o menores de -10 V .



7. Elementos de protección



Las instalaciones eléctricas disponen de diversos elementos de seguridad para disminuir el riesgo de accidentes, como los causados por cortocircuitos, sobrecargas o contacto de personas o animales con elementos en tensión.

Un cortocircuito se produce por fallos en el aislante de los conductores, por contacto accidental entre conductores aéreos debidos a fuertes vientos o rotura de los apoyos.

Dado que un cortocircuito puede causar daños importantes en las instalaciones eléctricas e incluso incendios en edificios, las instalaciones están normalmente dotadas de fusibles, interruptores magnetotérmicos o diferenciales y tomas de tierra, a fin de proteger a las personas y las cosas.

Los elementos de seguridad más habituales son:

● Fusible

Dispositivo, constituido por un **filamento con bajo punto de fusión**.

El fusible se intercala en un punto de una instalación eléctrica para que, por efecto Joule, se funda cuando la intensidad de corriente supere un determinado valor, ya sea por un cortocircuito o por un exceso de carga, que pudiera poner en peligro la integridad de la instalación con el subsiguiente peligro de incendio o destrucción de elementos.



Imagen de [AKA](#) en Wikimedia

Commons bajo licencia [CC](#)



Imagen de [Matanya](#) en Wikimedia

Commons bajo licencia [CC](#)

● Interruptor magnetotérmico (PIA)

Dispositivo empleado para proteger los circuitos eléctricos de sobrecargas y cortocircuitos, en sustitución de los fusibles.

Una vez que actúan debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se pueden rearmar sin necesidad de sustituirlos como ocurre con los fusibles. Cuando desconectan el circuito.



Imagen de A. Quisi en ITE

bajo licencia [CC](#)

● Interruptor diferencial:

Dispositivo electromecánico que se conecta en las instalaciones eléctricas para proteger a las personas de posibles derivaciones debidas a falta de aislamiento entre los conductores activos y tierra de los aparatos. El diferencial corta el suministro de corriente cuando existe una derivación de corriente a tierra, que de pasar a través de un cuerpo humano podría tener fatales consecuencias.

La siguiente animación te muestra con más detalle el funcionamiento de un diferencial.



Imagen de [C.Keane](#) en Wikimedia

Commons bajo licencia [CC](#)

● Toma de tierra

Se emplea en las instalaciones eléctricas para evitar el paso de corriente al usuario por un fallo del aislamiento de los conductores activos. La puesta a tierra es un camino que ofrece muy poca resistencia a cualquier corriente de fuga para que cierre el circuito "a tierra" en lugar de pasar a través del usuario.

Consiste en una pieza metálica enterrada en una mezcla especial de tierra y conectada a la instalación eléctrica a través de un cable. En todas las instalaciones interiores el cable de tierra se identifica por ser de color verde y amarillo y a él se deben conectar todos los elementos metálicos de los componentes eléctricos.

Importante

Conductores:

Elementos que sirven de asiento a la intensidad de corriente eléctrica, conectando los distintos elementos del circuito.

Los conductores deben estar constituidos por materiales que presenten una baja resistividad, por lo que deben ser metálicos.

De todos ellos el que mejor conduce la corriente eléctrica es la plata ($\rho_{Ag}=0,0159 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$), pero debido a su precio, prácticamente no tiene aplicaciones.

En su lugar se utiliza el cobre ($\rho_{Cu}=0,017 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$), que además de tener una baja resistividad, es muy dúctil, por lo que es fácilmente convertible en hilos.

Hay muchos tipos de conductores, aunque los más comunes suelen estar constituidos por un elevado número de hilos, en vez de ser macizos. Esto es debido a que de este modo son mucho más flexibles y además tienen más capacidad de evacuar el calor desprendido por efecto Joule.



Imagen de [SCDhardt](#) en Wikimedia

Commons bajo [Dominio Público](#)

Estos conductores deben estar recubiertos por un material aislante, generalmente plástico (PVC), para evitar contactos indeseados.

Curiosidad

En la actualidad y cada vez más frecuentemente se está empleando la **fibra óptica** como medio de transmisión de redes de datos.

La fibra óptica consiste en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total; por el mismo conductor se pueden enviar simultáneamente diversas líneas de datos que no se mezclan entre ellas con tal de no tener la misma longitud de onda. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

Son ampliamente utilizadas en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a gran velocidad, mucho más rápido que en las comunicaciones de radio y cable. También se utilizan para redes locales. Son el medio de transmisión por excelencia, inmune a las interferencias. Tienen un costo elevado, aunque se va reduciendo progresivamente.

La siguiente animación te muestra el funcionamiento de un cable de fibra óptica:



Imagen de [Raymond](#) en Wikimedia

Commons bajo licencia [CC](#)

9. Conectores

Para realizar las uniones o empalmes entre los componentes del circuito se recurre a métodos y elementos que aseguren y garanticen la continuidad eléctrica entre ellos, por lo que se emplea la soldadura o en su defecto terminales, bornes, clavijas, regletas de conexión, jacks, enchufes machihembrados.

En general en instalaciones eléctricas de cierta potencia siempre las conexiones se deben efectuar en el interior de cajas de derivación, para garantizar la estanqueidad.

A continuación puedes ver algunos ejemplos de sistemas de conexión:



Imagen de [A.Quisi](#) en ITE bajo

licencia [CC](#)



Imagen de [B.Rubio](#) en ITE bajo

licencia [CC](#)



Imagen de [Hydrargirum](#) en Wikimedia

Commons bajo [Dominio Público](#)



Imagen de [Pyb](#) en Wikimedia Commons

bajo [Dominio Público](#)

Curiosidad

El electricista que está realizando mi instalación me ha dicho que el horno y el torno van a estar conectados en "paralelo". No tengo ni idea de que me ha querido decir, pero no quiero volver a preguntarle y demostrar lo poco que sé de electricidad. A ver si después de estudiar este punto puedo entenderlo.

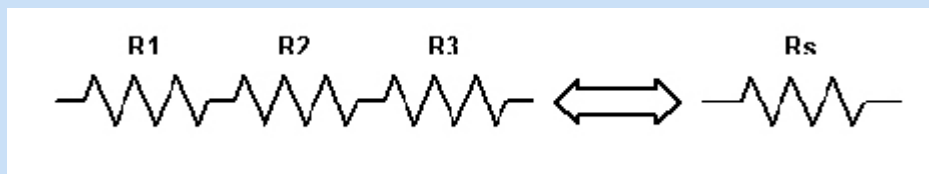
En ocasiones y por necesidades de los distintos circuitos se debe recurrir a conectar las resistencias según diferentes montajes: en serie, en paralelo y mixto, que resulta ser una mezcla de los dos anteriores.

En muchas ocasiones y con objeto de facilitar los procesos de cálculo se pretende sustituir el conjunto de resistencias del circuito por una, llamada resistencia equivalente. La condición que debe cumplir esta sustitución es que no debe producir modificaciones eléctricas en el circuito original.

Importante

● Asociación en serie

Se dice que tres resistencias están conectadas en serie cuando el final de la primera se conecta con el principio de la segunda y así sucesivamente, de forma que **solamente hay un único camino** para que pase la corriente eléctrica, por lo que esta será la misma para cada una de las resistencias conectadas en serie.



El valor de la resistencia equivalente a la asociación de resistencias en serie será:

$$R_{serie} = R_1 + R_2 + R_3 = \sum_{i=1}^n R_i$$

Es decir:

- La **resistencia equivalente** de una asociación de resistencias en serie es igual a la **suma de las resistencias conectadas**.
- Por ello la resistencia equivalente de una asociación de resistencias en **serie siempre será mayor** que cualquiera de las resistencias conectadas.
- La conexión presenta el inconveniente de que si por cualquier motivo se rompe una

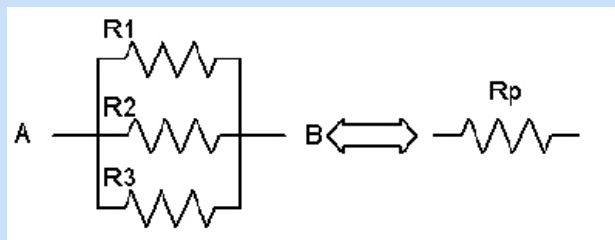
resistencia, **se interrumpe el circuito**, y quedan todas las resistencias inoperantes.

Importante

● Asociación en paralelo.

Las resistencias están conectadas de modo que se unen por un lado todos los principios de las resistencias y por otro lado todos los finales. En este caso se ofrecen **varias trayectorias** de paso para la corriente eléctrica.

De forma que la intensidad de corriente que llega hasta el nudo donde comienza la asociación en paralelo, se reparte entre las distintas **ramas** conectadas en paralelo sin que la corriente tenga porqué ser igual en cada una de las ramas de la conexión en paralelo, para volver a confluir de nuevo en el nudo donde se unen de nuevo los terminales de las resistencias, ya que la corriente no se consume ni desaparece.



El valor de la resistencia equivalente a la asociación de resistencias en paralelo será:

$$\frac{1}{R_{\text{paralelo}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

● **La inversa de la resistencia equivalente** a la asociación de resistencias en paralelo, es igual a la **suma de las inversas de las resistencias asociadas**.

● Por lo que la **resistencia equivalente en paralelo siempre es menor** que cualquiera de las resistencias asociadas.

● Este tipo de conexión tiene la ventaja de si se rompiese una resistencia la corriente que circulaba por ella se repartiría entre el resto de las resistencias asociadas y **el circuito no se interrumpiría**.

11. Resolución de circuitos de corriente continua



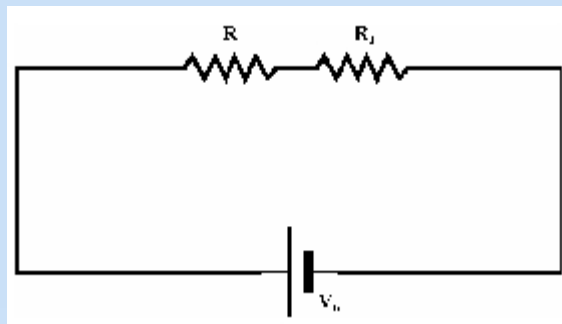
Vamos a estudiar dos casos típicos, el divisor de tensión y el divisor de intensidad.

Importante

Divisor de tensión:

Circuito eléctrico que reparte la tensión de una fuente entre dos resistencias conectadas en serie.

Si alimentamos el circuito con una tensión V , conectada a dos resistencias en serie como se observa en la figura:



La **resistencia equivalente** a la asociación en serie será:

$$R_s = R_1 + R_2$$

Por lo que la **intensidad total** que recorrerá el circuito será:

$$I_T = \frac{V}{R_s} = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

La intensidad total, al ser un circuito serie, también será la que circule a través de las dos resistencias en serie de modo que se cumple:

$$I_T = I_{R1} = I_{R2}$$

De forma que la **tensión de alimentación se reparte** entre las dos resistencias asociadas en serie, según la expresión:

$$V_{R1} = I_1 \cdot R_1 = \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_1$$

Es decir en bornes de la R_1 , se produce una caída de tensión:

$$V_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V$$

Igualmente en la otra resistencia asociada en serie se produce una caída de tensión:

$$V_{R2} = I_2 \cdot R_2 = \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_2$$

Es decir en bornes de la R_2 , se produce una caída de tensión:

$$V_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V$$

Y la tensión total con la que se alimenta el circuito se divide entre las dos resistencias conectadas en serie, de modo que se cumple:

$$V = V_{R1} + V_{R2}$$

Por lo que se puede concluir:

● **Dos o más resistencias conectadas en serie forman un divisor de tensión.**

● De acuerdo con la segunda ley de Kirchhoff o ley de las mallas, **la tensión total es suma de las tensiones parciales en cada resistencia**, por lo que seleccionando valores adecuados de las resistencias, se puede dividir una tensión en valores más pequeños que se precisen. La tensión V_{Ri} en bornes de la resistencia R_i , en un divisor de tensión de n resistencias cuya tensión total es V , viene dada por la expresión:

$$V_{Ri} = R_i \cdot I = \left(\frac{R_i}{R_1 + R_2 + \dots + R_n} \right) \cdot V$$

Importante

Para afrontar este tipo de ejercicios, de resolución de asociaciones de resistencias aplicando la ley de Ohm, es conveniente seguir un método, que se puede concretar en:

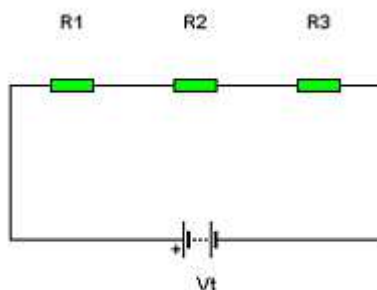
- Dibuja un esquema del circuito.
- Calcula la resistencia total o equivalente del circuito.
- Para calcular la intensidad de corriente del circuito principal, utiliza la expresión:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

- Posteriormente debes ir aplicando la fórmula de la ley de Ohm, entre los distintos bornes del circuito, para ir descubriendo los valores de las magnitudes eléctricas desconocidas, a partir de los datos de magnitudes que vas conociendo.

Ejercicio resuelto

A partir del esquema del circuito de la figura, y para los valores indicados



$$V_t = 4,5 \text{ V.}$$

$$R_1 = 100 \, \Omega.$$

$$R_2 = 300 \, \Omega.$$

$$R_3 = 500 \, \Omega$$

Calcula:

- La intensidad que atraviesa cada resistencia.
- La caída de tensión en bornes de cada resistencia.

Mostrar retroalimentación

Calculamos la resistencia total del circuito; como las resistencias están conectadas en serie:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 100 + 300 + 500 = 900\Omega$$

A continuación calculamos la intensidad total, que será:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{4,5V}{900\Omega} = 0,005A = 5mA$$

Como las resistencias están conectadas en serie, la intensidad total que suministra la pila, es también la intensidad que atraviesa todas y cada una de las resistencias, ya que solamente hay un camino de paso para la corriente eléctrica, es decir:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = 5mA$$

Para calcular las caídas de tensión en bornes de cada resistencia, aplicamos la ley de Ohm, particularizada para cada resistencia, así:

$$\begin{aligned} V_{R1} &= I_1 \cdot R_1 = 5mA \cdot 100\Omega = 0,5V \\ V_{R2} &= I_2 \cdot R_2 = 5mA \cdot 300\Omega = 1,5V \\ V_{R3} &= I_3 \cdot R_3 = 5mA \cdot 500\Omega = 2,5V \end{aligned}$$

Comprobamos que se cumple la 2ª ley de Kirchhoff; en toda malla la tensión que proporciona la pila es igual a la suma de las caídas de tensión en las resistencias:

$$V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} = 0,5 + 1,5 + 2,5 = 4,5V$$

Ahora, para calcular la potencia que se disipa en cada resistencia, aplicamos la fórmula correspondiente, particularizando para los valores de las magnitudes de cada resistencia:

$$\begin{aligned} P_{R1} &= V_{R1} \cdot I_1 = 0,5V \cdot 5mA = 2,5mW \\ P_{R2} &= V_{R2} \cdot I_2 = 1,5V \cdot 5mA = 7,5mW \\ P_{R3} &= V_{R3} \cdot I_3 = 2,5V \cdot 5mA = 12,5mW \end{aligned}$$

La suma de las potencias consumidas por cada resistencia tiene que ser igual a la potencia total suministrada por la pila:

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} = 2,5 + 7,5 + 12,5 = 22,5mW$$

O bien:

$$P_T = V_T \cdot I_T = 4,5V \cdot 5mA = 22,5mW$$

Reflexiona

Para que practiques nuevamente el ejercicio anterior, aquí tienes una tabla con distintos datos sobre el mismo circuito que se ha resuelto paso a paso: En el encabezamiento de cada columna tienes la fórmula, como recordatorio, que debes aplicar en cada caso:

Ej.	V	R ₁	R ₂	R ₃	I _T =I ₁ =I ₂ =I ₃	V ₁	V ₂	V ₃	P _R
					$I_T = V_T / (R_1 + R_2 + R_3)$	$V_1 = I \cdot R_1$	$V_2 = I \cdot R_2$	$V_3 = I \cdot R_3$	$P_1 = I \cdot$

3	36V	1kΩ	10kΩ	44kΩ					
4	60V	6kΩ	36kΩ	12kΩ					
5	60V	5kΩ	125kΩ	25kΩ					

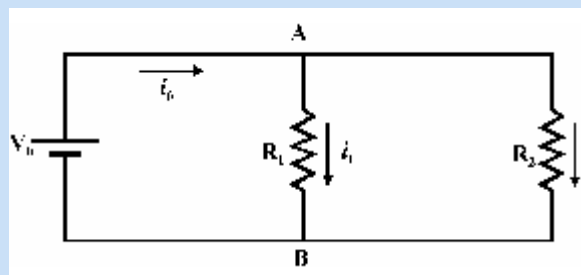
Mostrar retroalimentación

V	R ₁	R ₂	R ₃	I _T =I ₁ =I ₂ =I ₃	V ₁	V ₂	V ₃	P _{R1}	
				$I_T = V_T / (R_1 + R_2 + R_3)$	$V_1 = I \cdot R_1$	$V_2 = I \cdot R_2$	$V_3 = I \cdot R_3$	$P_1 = I \cdot V_1$	P ₂
6V	5Ω	20Ω	15Ω	0,1500	0,7500	3,0000	2,2500	0,1125	0,
12V	10Ω	40Ω	25Ω	0,1600	1,6000	6,4000	4,0000	0,2560	1,
36V	1kΩ	10kΩ	44kΩ	0,0007	0,6545	6,5455	28,8000	0,0004	0,
60V	6kΩ	36kΩ	12kΩ	0,0011	6,6667	40,0000	13,3333	0,0074	0,
60V	5kΩ	125kΩ	25kΩ	0,0004	1,9355	48,3871	9,6774	0,0007	0,

Importante

● Divisor de intensidad

Dos o más resistencias conectadas en paralelo forman un divisor de intensidad. De acuerdo con la primera ley de Kirchhoff o ley de los nudos, la corriente que entra en un nudo es igual a la suma de las corrientes que salen de él, por lo que seleccionando valores adecuados de resistencias se puede dividir una corriente en los valores que se precisen.



En el caso particular de un divisor de dos resistencias, es posible determinar las corrientes parciales que circulan por cada resistencia, I_1 e I_2 , en función de la corriente total I , sin tener que calcular previamente la caída de tensión en la asociación. Para ello se utilizan las siguientes ecuaciones de fácil deducción:

La resistencia equivalente a la asociación de dos resistencias en paralelo resulta ser:

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Es decir:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Y como, según la ley de Ohm:

$$V = I \cdot R_T = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Para calcular I_{R1} , aplicando de nuevo la ley de Ohm, tenemos:

$$I_{R1} = \frac{V}{R_1} = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{R_1}$$

Es decir:

$$I_{R1} = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Igualmente si repetimos los cálculos para I_{R2} , obtenemos:

$$I_{R2} = \frac{V}{R_2} = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{R_2}$$

Es decir:

$$I_{R2} = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Ejercicio resuelto

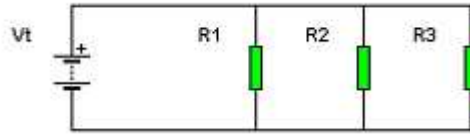
A partir del esquema del circuito de la figura, y para los valores indicados

$V_t = 6V$.

$R_1 = 200\Omega$.

$R_2 = 300\Omega$.

$R_3 = 600\Omega$.



Calcula:

- La intensidad que atraviesa cada resistencia.
- La caída de tensión en bornes de cada resistencia.
- La potencia que disipa cada resistencia.
- La potencia total que suministra la pila.

Mostrar retroalimentación

En primer lugar calculamos la resistencia total, aplicando la fórmula correspondiente a las resistencias asociadas en paralelo.

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{300} + \frac{1}{600}} = 100\Omega$$

A continuación calculamos la intensidad total que proporciona la pila, para lo que aplicando la ley de Ohm obtenemos:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{6V}{100\Omega} = 0,06A = 60mA$$

Como las resistencias están asociadas en paralelo, la tensión en bornes de cada una de ellas también será la tensión que proporciona la pila, es decir:

$$V_T = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = 6V$$

Por lo que podremos calcular la intensidad que atraviesa cada una de las resistencias asociadas en paralelo, particularizando la ley de Ohm para cada una de las ramas:

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{6V}{200\Omega} = 0,03A = 30mA$$

$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{6V}{300\Omega} = 0,02A = 20mA$$

$$I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{6V}{600\Omega} = 0,01A = 10mA$$

Comprobamos que se cumple la 1ª ley de Kirchhoff; en todo nudo la corriente que entra es igual a la suma de las intensidades de corriente que salen de él:

cada resistencia:

$$P_{R1} = V_{R1} \cdot I_{R1} = 6V \cdot 30mA = 180mw = 0.18w$$

$$P_{R2} = V_{R2} \cdot I_{R2} = 6V \cdot 20mA = 120mw = 0.12w$$

$$P_{R3} = V_{R3} \cdot I_{R3} = 6V \cdot 10mA = 60mw = 0.06w$$

La suma de las potencias consumidas por cada resistencia tiene que ser igual a la potencia total suministrada por la pila:

$$P_{RT} = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} = 180 + 120 + 60 = 360mw = 0,36w$$

O bien:

$$P_{RT} = V_T \cdot I_T = 6V \cdot 60mA = 360mw = 0,36w$$

Reflexiona

Para que practiques nuevamente el ejercicio anterior, aquí tienes una tabla con distintos datos sobre el mismo circuito que se ha resuelto paso a paso: En el encabezamiento de cada columna tienes la fórmula, como recordatorio, que debes aplicar en cada caso

V	R ₁	R ₂	R ₃	I _{R1}	I _{R2}	I _{R3}	I _T	P _{R1}	P _{R2}	P _{R3}
				I _{R1} =V/R ₁	I _{R2} =V/R ₂	I _{R3} =V/R ₃	I _T =V _T /R _T	P ₁ =I ₁ ·V	P ₂ =I ₂ ·V	P ₃ =I ₃ ·V
15V	180Ω	90Ω	60Ω							
10V	300Ω	100Ω	150Ω							
30V	1,2kΩ	2,4kΩ	0,8kΩ							
60V	18kΩ	36kΩ	12kΩ							
28V	21kΩ	14kΩ	42kΩ							

Mostrar retroalimentación

V	R ₁	R ₂	R ₃	I _{R1}	I _{R2}	I _{R3}	I _T	P _{R1}	P _{R2}	P _{R3}
---	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------

10V	300Ω	100Ω	150Ω	0,033	0,100	0,067	0,200	0,333	1,000	0,66
30V	1,2kΩ	2,4kΩ	0,8kΩ	0,025	0,013	0,038	0,075	0,750	0,375	1,12
60V	18kΩ	36kΩ	12kΩ	0,003	0,002	0,005	0,010	0,200	0,100	0,30
28V	21kΩ	14kΩ	42kΩ	0,001	0,002	0,001	0,004	0,037	0,056	0,01

11.2. Circuito mixto

Un circuito mixto es aquel que contiene elementos en serie y en paralelo. Su resolución sigue el siguiente procedimiento:

Ejercicio resuelto

A partir del esquema del circuito de la figura, y para los valores indicados

$$V_t = 15V$$

$$R_1 = 100\Omega$$

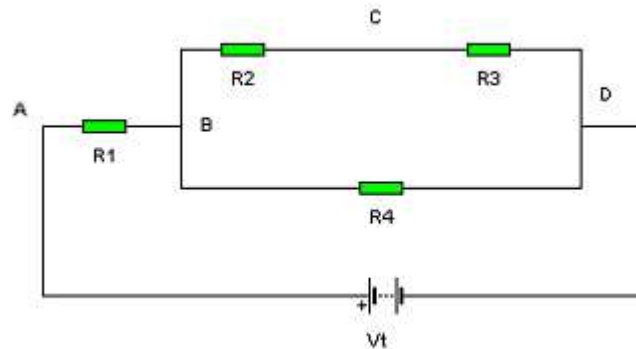
$$R_2 = 400\Omega$$

$$R_3 = 200\Omega$$

$$R_4 = 300\Omega$$

Calcula:

- La intensidad que atraviesa cada resistencia.
- La caída de tensión en bornes de cada resistencia.
- La potencia que disipa cada resistencia.
- La potencia total que suministra la pila.

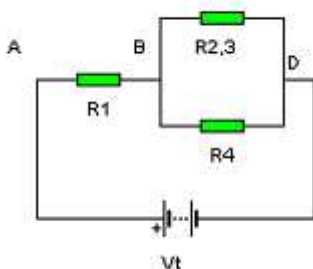


Mostrar retroalimentación

En primer lugar iremos calculando R_t , poco a poco, a través de una serie de "circuitos equivalentes" hasta llegar al circuito equivalente mínimo, que sólo tendrá una resistencia que será, por supuesto, la R_T que tratamos de hallar.

Empecemos por calcular la resistencia $R_{2,3}$, que será la equivalente de la resistencia de R_2 y la resistencia R_3 , que están conectadas en serie, por lo que su equivalente será:

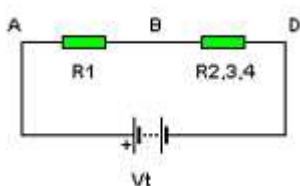
$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 400 + 200 = 600\Omega$$



Y el circuito equivalente será el de la figura.

Si continuamos calculando la resistencia $R_{2,3,4}$, que será la equivalente a las resistencias en paralelo $R_{2,3}$ y R_4 , por lo que su valor será:

$$R_{2,3,4} = \frac{1}{\frac{1}{R_{2,3}} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{600} + \frac{1}{300}} = 200\Omega$$

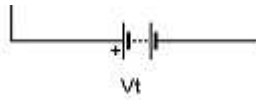


Y el circuito equivalente será el de la figura.

Si continuamos calculando la resistencia $R_{1,2,3,4}$, que será la resistencia total resultante de la asociación en serie de R_1 y $R_{2,3,4}$, por lo que su valor será:

$$R_T = R_{1,2,3,4} = R_1 + R_{2,3,4} = 100 + 200 = 300\Omega$$

Y el circuito equivalente será el indicado.



Ahora comenzamos a aplicar la ley de Ohm en este último circuito para calcular la intensidad total que proporciona la pila, es decir:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{15V}{300\Omega} = 0,05A = 50mA$$

Esta intensidad además de ser la que proporciona la pila al circuito, también es la que atraviesa las dos resistencias en serie del circuito anterior, es decir:

$$I_T = I_{R1} = I_{R2,3,4} = 0,05A = 50mA$$

Por lo que ahora podremos calcular la caída de tensión entre los bornes de ambas resistencias, y así tendremos:

$$V_{R1} = I_{R1} \cdot R_1 = 50mA \cdot 100\Omega = 5V$$

$$V_{R2,3,4} = I_{R2,3,4} \cdot R_{2,3,4} = 50mA \cdot 200\Omega = 10V$$

Además podremos verificar que se cumple la segunda ley de Kirchhoff referente a las tensiones de malla:

$$V_T = V_{R1} + V_{R2,3,4} = 5 + 10 = 15V$$

Observando los circuitos equivalentes que hemos producido, se comprueba que en realidad la caída de tensión en bornes de R_{2,3,4}, es igual a la caída de tensión en bornes de R_{2,3} y de R₄, ya que ambas están conectadas en paralelo:

$$V_{R2,3,4} = V_{R2,3} = V_{R4} = 10V$$

Con estos datos y con el valor de las resistencias correspondientes, y aplicando de nuevo la ley de Ohm, podremos calcular el valor de las intensidades que recorren ambas ramas en paralelo, es decir:

$$I_{R2,3} = \frac{V_{R2,3}}{R_{2,3}} = \frac{10V}{600\Omega} = 0,016A = 16mA$$

$$I_{R4} = \frac{V_{R4}}{R_4} = \frac{10V}{300\Omega} = 0,033A = 33mA$$

Y podemos verificar que se cumple la ley de Kirchhoff correspondiente a las intensidades de corriente en los nudos:

$$I_{R1} = I_{R2,3} + I_{R4} = 16mA + 33mA = 49mA$$

El resultado no es exacto debido a que en el cálculo de las intensidades de las corrientes de las ramas en paralelo, se obtenían valores con decimales no exactos. Volviendo al circuito inicial podemos comprobar que realmente la resistencia R_{2,3} es la equivalente de la asociación en serie de las resistencias R₂ y R₃, por lo que la intensidad que acabamos de calcular para esta resistencia, también será el valor de la intensidad que atraviesa las resistencias en serie R₂ y R₃, es decir:

$$I_{R2,3} = I_{R2} = I_{R3} = 0,016A = 16mA$$

Ahora, con estos datos y los valores de las resistencias, aplicando de nuevo la ley de Ohm, podremos saber el voltaje que hay en los bornes de ambas resistencias conectadas en serie:

$$V_{R2} = I_{R2} \cdot R_2 = 16mA \cdot 400\Omega = 6,4V$$

$$V_{R3} = I_{R3} \cdot R_3 = 16mA \cdot 200\Omega = 3,2V$$

Final de la asociación.

$$V_{BD} = V_{R2} + V_{R3} = 6,4 + 3,2 = 9,6V$$

Debería haber dado como resultado 10V, pero debido a la inexactitud introducida en el cálculo de las intensidades, que daban valores decimales no exactos, se comete este error.

Ahora ya conocemos los valores de las magnitudes eléctricas de cada elemento del circuito, para conocer la potencia que consume cada resistor y la potencia total que suministra la pila, solamente hemos de aplicar la fórmula correspondiente, particularizando para los valores de cada componente, es decir:

$$P_{R1} = I_{R1} \cdot V_{R1} = 50mA \cdot 5V = 250mw$$

$$P_{R2} = I_{R2} \cdot V_{R2} = 16mA \cdot 6,4V = 102,4mw$$

$$P_{R3} = I_{R3} \cdot V_{R3} = 16mA \cdot 3,2V = 51,2mw$$

$$P_{R3} = I_{R3} \cdot V_{R3} = 16mA \cdot 3,2V = 51,2mw$$

La suma de la potencia que consumen las resistencias tiene que ser igual a la potencia total que suministra la pila:

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{R4} = 250 + 102,4 + 51,2 + 330 = 733,6mw$$

O bien aplicando de nuevo la fórmula para la pila:

$$P_T = I_T \cdot V_T = 50mA \cdot 15V = 750mw$$

Ambos resultados deberían ser idénticos, pero, como ya hemos comentado, venimos arrastrando un error debido a que el cálculo de las intensidades no ha ofrecido un valor exacto.

Podríamos haber calculado la potencia empleando cualquiera de las siguientes fórmulas indistintamente:

$$P = I \cdot V = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

Su conexión no es segura

El propietario de adistancia.ced.junta-andalucia.es ha configurado su sitio web de manera incorrecta. Para evitar que su información sea robada, Firefox no ha conectado con este sitio web.

[Más información...](#)

Ir atrás

Avanzado