



Componente formativo

## **Conceptos básicos de electricidad**

### **Breve descripción:**

En este componente se estudiará el origen de la corriente eléctrica. El aprendiz llegará a la comprensión de este importante fenómeno a través del conocimiento de la diferencia de potencial y de la corriente eléctrica. Estos conceptos son necesarios para abordar con éxito cualquier proyecto de infraestructura eléctrica y para pensar acerca de la importancia de gestionar eficientemente la electricidad.

### **Área ocupacional:**

Procesamiento, fabricación y ensamble

---

**Junio 2023**

## Tabla de contenido

Introducción.....	4
1. Sistema de unidades .....	5
1.2. Prefijos del Sistema Internacional.....	9
1.2. Notación científica .....	11
1.3. Simbología eléctrica .....	13
2. Naturaleza eléctrica de la materia.....	16
2.1. Teoría atómica.....	17
2.2. Tipos de enlace molecular .....	21
2.3. Materiales conductores, aislantes y semiconductores .....	24
2.4. Conductividad y resistividad .....	27
3. Definición de magnitudes eléctricas.....	31
3.1. Diferencia de potencial .....	31
3.2. Corriente eléctrica.....	35
3.3. Resistencia eléctrica .....	36
3.4. Efecto Joule .....	37
4. Formas de onda de energía eléctrica.....	38
4.1. Corriente continua .....	38
4.2. Corriente alterna .....	40
4.3. Valores medio ( $A_{med}$ ) y eficaz ( $A$ ) o RMS .....	43
5. Elementos de circuito.....	45
5.1. Resistencia .....	45

5.2. Inductancia .....	55
5.3. Capacitancia .....	60
5.4. Fuentes independientes.....	69
5.5. Fuentes dependientes .....	70
Síntesis .....	72
Material complementario .....	73
Glosario .....	74
Referencias bibliográficas .....	76
Créditos .....	79

## Introducción

Apreciado aprendiz, bienvenido a esta experiencia de aprendizaje en donde se presentarán una serie de conceptos fundamentales sobre electricidad. A lo largo de este curso se comenzará la familiarización con lo que es la electricidad, cómo se genera y para qué sirve. Además, se aprenderán conceptos sobre unidades de medidas eléctricas, útiles en la práctica habitual dentro de las organizaciones. El siguiente vídeo ofrece más información al respecto.

### Video 1. Conceptos básicos de electricidad.



#### [Enlace de reproducción del video](#)

#### **Video 1. Síntesis del video:** Conceptos básicos de electricidad.

Procesos y normatividad del sector eléctrico: en este componente de aprendizaje relacionado con los procesos y normatividad del sector eléctrico se estudiarán las normas básicas para las instalaciones y productos eléctricos y la estructura del sector eléctrico Colombiano, también se estudiará de manera general un tema muy importante para la

seguridad de los equipos y las personas, las puestas a tierra; ¿alguna vez has sentido que una corriente pasa por el cuerpo cuando se toca una superficie metálica, cerca de un poste de electricidad, o la carcasa metálica de un computador o electrodoméstico? Pues bien, este es un problema que se soluciona al cumplir las normativas dispuestas para las instalaciones eléctricas, adicionalmente es importante reconocer la caracterización del sector eléctrico colombiano, para entender de qué forma llega el servicio de electricidad a res, los hogares, comercios, industrias, etc. Y como está relacionado con la forma como se factura el consumo de energía eléctrica

## **1. Sistema de unidades**

El sistema de unidades es un conjunto de métodos relacionados que se utilizan para los cálculos. El sistema incluye unidades base, que representan dimensiones base, y unidades derivadas, que representan productos de potencias de dimensiones base. Algunas unidades existen en más de un sistema de unidades.

Cuando se necesite medir algo que puede variar, es decir que puede adoptar diferentes valores numéricos, se pueden utilizar las unidades de medida. Así, mediante el kilo, el metro, el grado de temperatura u otras unidades de medida identificamos cantidades, comparándolas con estas unidades.

En electricidad también existen magnitudes que varían, que deben ser medidas y monitoreadas, por ejemplo, para tomar decisiones sobre los elementos a emplear en una instalación.

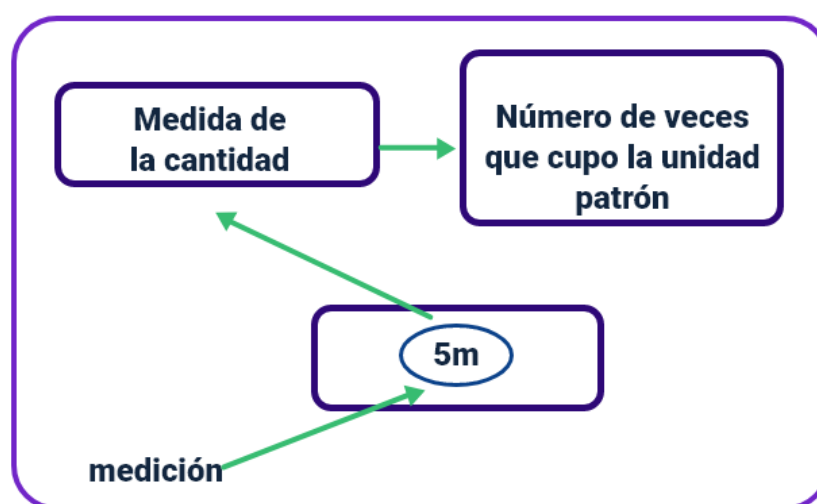
En la física, que es el campo que estudia los fenómenos naturales, existen unidades de medida para cuantificar cada magnitud. Por ejemplo, utilizamos el kilogramo para medir los alimentos, el metro para las distancias, el voltio para la tensión, entre otros. Sin embargo, frecuentemente se confunden los términos "medición" y "medida de la cantidad". Ver las siguientes definiciones:

Medir es comparar el número de veces o fracciones que cabe en cierta cantidad la unidad de medida, o también llamada patrón.

Patrón es una unidad de medida aceptada internacionalmente que se usa para cuantificar una cantidad física. Por ejemplo, cuando se compran cinco (5) metros de tela, lo que ha hecho el vendedor es comparar cuántas veces cupo el metro o unidad patrón en toda la longitud de la tela que se desea.

Entonces, la medida de la cantidad es el número de veces que cupo la unidad patrón en la cantidad acompañada de la unidad de referencia.

Por ejemplo, 5 es una medición, mientras que 5 m es una medida de la cantidad



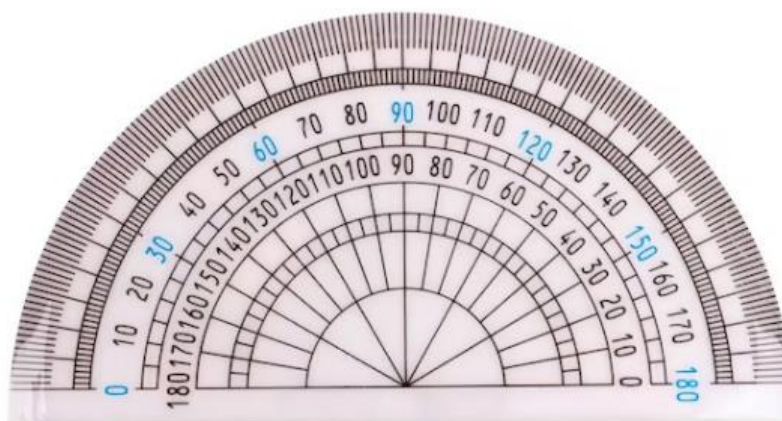
**Medición**

**5m**

**Medida de la cantidad**

**Número de veces que cupo la unidad patrón**

El sistema de unidades reconocido y adoptado por muchos países es el “Sistema internacional de unidades de medida”, o de forma abreviada, S.I. Anteriormente se denominaba “Sistema métrico decimal”, sin embargo, durante la 11a Conferencia general de pesas y medidas en el año 1960 adoptó el nuevo nombre, que sigue aún vigente.



## SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES DE MEDIDA = SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

Las cantidades físicas se clasifican teniendo en cuenta la manera en que se definen. Estas pueden ser básicas, también llamadas “fundamentales” o derivadas. No es necesario expresarlas en función de otra magnitud.



### Básicas

### Derivadas

Medir es una acción diaria, sin embargo, en electricidad se debe expresar adecuadamente cada magnitud, de lo contrario las confusiones pueden ser dañinas para todo un sistema. Por lo tanto, se debe prestar mucha atención a las mediciones.

Las **magnitudes básicas o fundamentales** son aquellas definidas arbitrariamente, por convención entre países, organismos o la comunidad científica y no es necesario expresarlas en función de otra magnitud, como, por ejemplo: el tiempo, la temperatura, la longitud, la masa, la cantidad de sustancia y la intensidad luminosa.

**Tabla 1.** Magnitudes básicas o fundamentales.

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Temperatura	Kelvin	K
Corriente eléctrica	Ampere	A
Intensidad luminosa	Candela	cd
Cantidad de sustancia	mol	mol

Por su parte las magnitudes derivadas son aquellas que se definen en función de las magnitudes básicas y son variadas dependiendo del campo de acción al que referimos. En electricidad se encuentran magnitudes derivadas comunes como: la carga eléctrica, la intensidad de campo eléctrico o magnético, la resistencia, resistividad, conductividad y capacidad entre los más comunes.

**Tabla 2.** Magnitudes derivadas comunes.

MAGNITUD	UNIDAD		EXPRESIÓN EN UNIDADES FUNDAMENTALES U OTRAS UNIDADES
	NOMBRE	SÍMBOLO	
ELECTRICIDAD MAGNETISMO			
Cantidad de electricidad carga eléctrica	Culombio	C	s.A
Intensidad de campo eléctrico	Voltio por metro	V/m	m.kg.s-2.A-1



MAGNITUD	UNIDAD		EXPRESIÓN EN UNIDADES FUNDAMENTALES U OTRAS UNIDADES
	NOMBRE	SÍMBOLO	
Tensión eléctrica diferencia de potencial, fuerza electromotriz.	Voltio	V	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Capacidad	Faradio	F	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
Intensidad de campo magnético	Amperio por metro	A/m	$m^{-1}.A$
Inducción magnética	Tesla	T	$Kg.s^{-2}.A^{-1}$
Flujo de inducción magnética	Weber	wb	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
Inductancia, permanencia	Henrio	H	$m^2.kg.s^{-2}.a^{-2}$
Reluctancia	Por henrio	H-1	$m^2.kg^{-1}.s^2..A^2$

## 1.2. Prefijos del Sistema Internacional

Cuando se mide una cantidad física, la unidad de medida que se utiliza puede resultar muy grande o muy pequeña con respecto a la cantidad. En estos casos, para poder expresar la medida, es necesario utilizar los múltiplos y submúltiplos de la unidad de medida. Para ello se utilizan los prefijos del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los prefijos permiten que las cifras puedan expresarse de una manera más sencilla, cuando estas se encuentran en valores muy grandes o muy pequeños. Por ejemplo, no se justifica expresar el peso de una sustancia como 0.000000000001 g debido a la dificultad para interpretar mentalmente esa medida. Es más comprensible escribir que pesa 1pg (1 picogramo) o 1000 ng (1000 nanogramos). Así pues, al nombre de la unidad fundamental se le antepone un prefijo, cuyo símbolo y significado se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Prefijos del Sistema Internacional (SI).

Factor	Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo
$10^1$	deca	da	$10^{-1}$	deci	d
$10^2$	hecto	h	$10^{-2}$	centi	c
$10^3$	kilo	k	$10^{-3}$	mili	m
$10^6$	mega	M	$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^9$	giga	G	$10^{-9}$	nano	n
$10^{12}$	tera	T	$10^{-12}$	pico	p
$10^{15}$	peta	P	$10^{-15}$	femto	f
$10^{18}$	exa	E	$10^{-18}$	atto	a
$10^{21}$	zetta	Z	$10^{-21}$	zepto	z
$10^{24}$	yotta	Y	$10^{-24}$	yocto	y

Con excepción de da (deca), h (hecto) y k (kilo), todos los símbolos de prefijos de múltiplos se escriben con mayúsculas y todos los símbolos de prefijos de submúltiplos se escriben con minúsculas.

(Centro Español de Metrología, 2013, p. 32).

#### Conversión de unidades con prefijos del Sistema Internacional de Unidades

Para convertir una unidad en otra, sea mayor o menor, se utilizan los múltiplos y submúltiplos de la unidad de medida. Normalmente se utilizan los múltiplos y submúltiplos de 10 en notación exponencial: 1000 es  $10^3$ ,  $1/1000$  es  $10^{-3}$ , etc. Se observa, por ejemplo, que en la medida de masa, un kilogramo (1 kg) equivale a 1000 gramos y gramo (1 g) a 1000 miligramos. Esto se observa también en medidas de longitud, volumen, entre otros.

A continuación, se explican maneras sencillas de cómo realizar las conversiones de una unidad dada en otra más grande o más pequeña.

#### Sistema Internacional de Unidades - video

Se invita a explorar más sobre conversiones con prefijos del Sistema Internacional de Unidades en el video disponible en (Matemóvil, 2020). [Clic aquí para reproducir el video.](#)

## 1.2. Notación científica

Es una forma estandarizada de representar cualquier número como el producto de un número real y una potencia de 10. Para más detalle, se puede consultar en la siguiente infografía informativa.

La notación científica consiste en escribir un número utilizando potencias de base diez con exponente positivo o negativo (Herasme Medina et al., 2012, pp. 7-13).

Es decir, abreviar números muy grandes expresándolos como multiplicación entre un número entero por otro de base 10. A continuación se muestra sus partes:

**$A \times 10^n$**

**Coeficiente.**

Consta de una cifra entera, que está entre 1 y 9; y una parte decimal.

**Exponente.**

Es un número entero, positivo o negativo.

**Pasos**

1. Se coloca el punto decimal a la derecha o a la izquierda, según sea el caso, hasta que se obtenga un número entero entre 1 y 9.

$$1000 = 1.0^{n3} | 0^{n2} | 0^{n1}$$

2. Luego se multiplica por una potencia de 10 igual al número de lugares que se movió el punto decimal

$$1 \times 10^3$$

Si el punto se corre hacia la IZQUIERDA el exponente 'n' será POSITIVO y su valor será igual a la cantidad de lugares que se corrió el punto para que  $1 \leq C < 10$ .

Si el punto se corre hacia la DERECHA, el exponente 'n' será NEGATIVO y su valor será igual a la cantidad de lugares que se corrió el punto para que  $1 \leq C < 10$ .

Ejemplos

Expresaremos el número 458912 en notación científica.

$$458912 = 4.5^{n5} | 8^{n4} | 9^{n3} | 1^{n2} | 2^{n1}$$

$$4 \times 10^5$$

Expresaremos el número 0.0035609

$$0^{n1} | .0^{n2} | 0^{n3} | 3 \ 5609 =$$

$$3.56 \times 10^{-3}$$




En algunos casos, escribir un número en Notación Científica puede resultar en que se omita una parte del número inicialmente dado.

$$32.4 \times 10^6$$

$$0.81 \times 10^{20}$$

$$3.43 \times 10^8$$

Tener en cuenta

-  No está escrito en Notación científica porque tiene 2 cifras enteras.
-  No está escrito en Notación Científica porque el número entero es cero y debe cumplir  $1 \leq A < 10$ .
-  Cumple con los requisitos para denominarse en notación científica

Para profundizar: te invitamos a profundizar en la notación científica y en las operaciones matemáticas con notación científica en Gómez (2020).

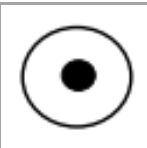

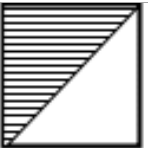

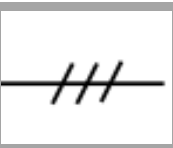
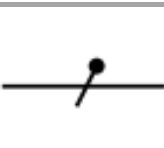
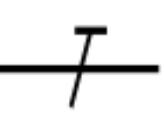




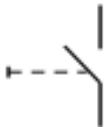
### 1.3. Simbología eléctrica

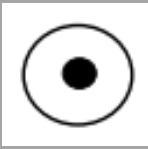



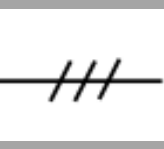
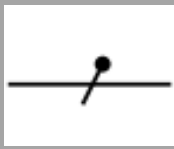
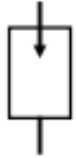

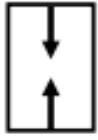

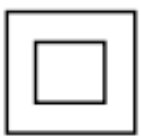


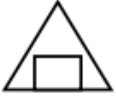
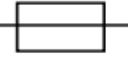









La simbología eléctrica es el conjunto de formas gráficas que representa cada componente de un circuito o instalación eléctrica. Esta simbología es importante cuando se transfiere información ya sea en la elaboración de un proyecto, ejecución, operación y mantenimiento. En esta sección se pretende una familiarización con los símbolos de los diferentes aparatos eléctricos, que son importantes para comprender la representación esquemática de los sistemas eléctricos y para explicar su funcionamiento.





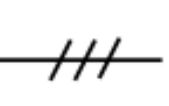
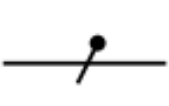
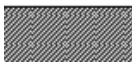







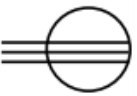

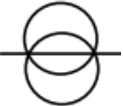

Los símbolos eléctricos se rigen por la norma internacional IEC 60617. En Colombia, la organización encargada de revisar y concertar las normas internacionales con las nacionales se trata del ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación).

La siguiente tabla muestra los símbolos eléctricos más usados en Colombia. La simbología mostrada es extraída fundamentalmente de la resolución Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) expedida por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia.

**Tabla 4.** Principales símbolos eléctricos.

					
Caja de empalme	Corriente continua	Central hidráulica en servicio	Central térmica en servicio	Conductores de fase	Conductor neutro
					

					
Conductor de puesta a tierra	Conmutador unipolar	Contacto de corte	Contacto con disparo automático	Contacto sin disparo automático	Contacto operado manualmente
					
Descargador de sobretensiones	Detector automático de incendio	Dispositivo de protección contra sobretensiones - DPS	DPS tipo varistor	Doble aislamiento	Empalme
					
Equipotencialidad	Extintor para equipo eléctrico	Fusible	Generador	Interruptor, símbolo general	Interruptor automático en aire
					
Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre limitado	Interruptor diferencial	Interruptor unipolar de dos vías	Interruptor seccionador para AT

					
Interruptor termomagnético	Lámpara	Masa	Parada de emergencia	Seccionador	Subestación
					
Tablero general	Tablero de distribución	Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Tomacorriente, símbolo general
					
Tomacorriente en el piso	Tomacorriente monofásico	Tomacorriente trifásico	Transformador símbolo general	Transformador de aislamiento	Transformador de seguridad

**Nota. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2013).**

Puede conocer el reglamento ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 con sus ajustes con mayor detalle, consulte el siguiente enlace: [dando clic aquí.](#)

Se invita a incrementar los conocimientos sobre la simbología eléctrica, cuáles son los símbolos eléctricos normalizados en el Código Eléctrico Colombiano NTC2050 - CEC, en el siguiente enlace: [dando clic aquí.](#)

Si desea consultar todos los símbolos con detalle, así como la representación de nuevos símbolos, puede visitar los siguientes portales: [dando clic aquí.](#)

## 2. Naturaleza eléctrica de la materia

Los antiguos griegos observaron que el ámbar (ellos lo llamaban Elektrón) frotado con lana atraía cuerpos ligeros; en este momento se puede afirmar que el ámbar está electrizado, dado que posee carga eléctrica o bien que está cargado. Actualmente es utilizada la ebonita (material elástico negro utilizado como aislante) que al friccionar con piel atrae por un pequeño instante objetos pequeños.

Al hablar de materia es importante también conocer sus estados, ya que es todo lo que está en el entorno y que incita los sentidos de diferentes maneras. Ella se forma a través de un sinnúmero de sustancias que llenan un espacio y cada uno tiene sus distintivos y propiedades físicas y químicas, como ejemplo se tiene:

**Agua:** estado líquido, (fluido).

**Hierro:** estado sólido, (contextura dura).

**Oxígeno:** estado gaseoso, (gas volátil).

La materia se puede encontrar en un estado puro o en estado compuesto. Se tiene claro que está en estado puro, cuando se subdivide en partículas muy pequeñas y se evidencia que todas ellas son homogéneas y únicas, a éstas se le denominan: átomos. En estado compuesto indica que es materia cuya composición se basa en varios elementos puros y juntos, ósea, separándolos en su mínima expresión, así se evidencia que su partícula mínima es heterogénea o que está formada por diferentes átomos. A la mínima expresión física de la materia compuesta, se le denomina: molécula.



### Ejemplo:

La molécula del agua posee 3 elementos, 2 de Hidrógeno y 1 de Oxígeno; su expresión ya popular por todos es:  $H_2O$ , dicho de otra forma, el agua está compuesta por 3 átomos, dos de hidrógeno, elemento puro, y uno de oxígeno, elemento puro.

**Imagen 1.** Molécula del agua.



La imagen describe la Molécula del agua, esta contiene dos moléculas de Hidrogeno y una molécula de oxígeno y se representa así:  $H_2O$ .

## 2.1. Teoría atómica

Es una teoría de la naturaleza de la materia. Todas las sustancias materiales están compuestas de partículas diminutas o átomos de un número relativamente pequeño y de diferentes tipos, todos los átomos del mismo tipo son uniformes en tamaño, peso y otras propiedades.

### El átomo

Es la expresión de la materia, más pequeña o mínima, en que un elemento se puede subdividir. Existen tantas clases diferentes de átomos como elementos libres. Se puede

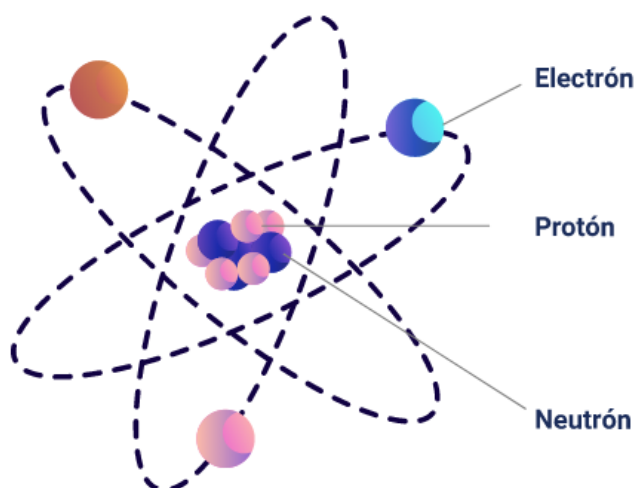
hablar de átomos de carbono, de oxígeno, de cloro, etc., porque estas sustancias son elementos. No sería correcto hablar de un átomo de agua o de sal, porque el agua o la sal no son elementos.

## Estructura

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

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

Estas clases de partículas son: el protón, el neutrón y el electrón.



Electrón

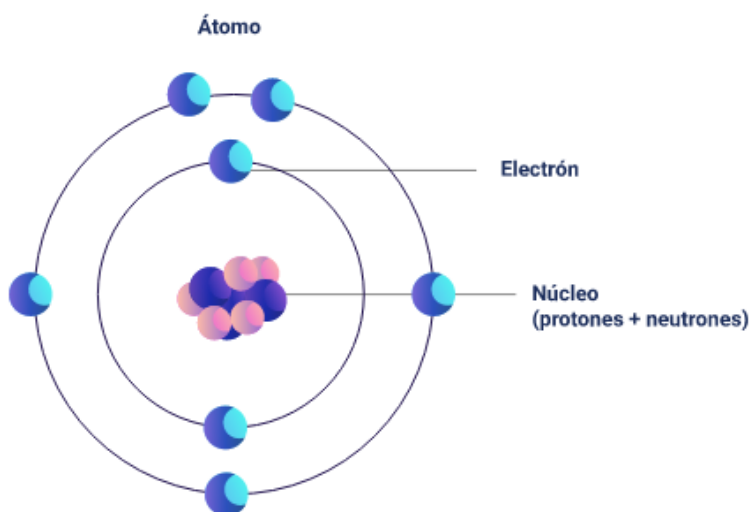
Protón

Neutrón

## Tamaño

El diámetro de un átomo es tan pequeño que en un espacio de 1mm caben alrededor de 3 millones de átomos alineados. Dada esta pequeñez se hace uso de representaciones en forma de modelo.

Niels Bohr concibe el átomo como un sistema solar en miniatura.



Átomo

Electrón

Núcleo (protones + neutrones)

### Ejemplo: átomo helio

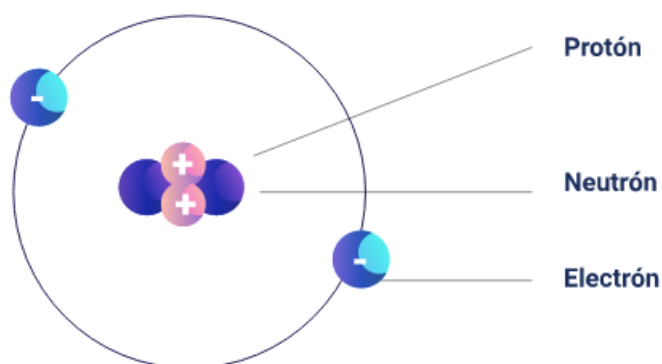
Caracterización del gas de helio:

Protones: cargas eléctricas positivas. (El átomo de helio posee dos).

Neutrones: no poseen cargas eléctricas, como su nombre lo indica. (El átomo de helio posee dos).

Electrones: cargas eléctricas negativas. (El átomo de helio posee dos).

#### Estructura física del Átomo de Helio



Estructura física del Átomo del Helio

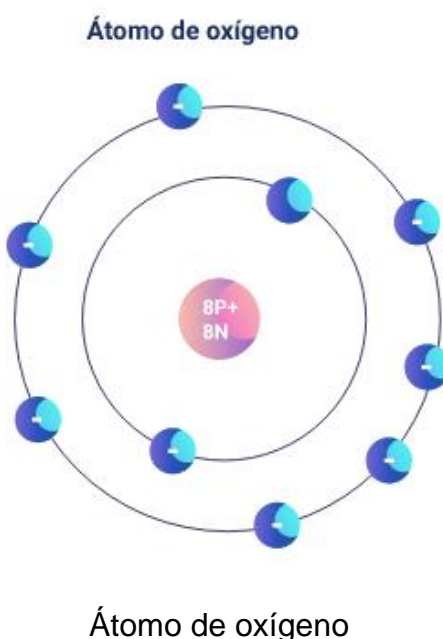
Protón

Neutrón

Electrón

### Ejemplo: átomo oxígeno

Si un átomo posee la misma cantidad de electrones que de protones, se dice que el átomo está equilibrado o neutro. Teóricamente se dice que la asociación de un protón y un electrón forma un neutrón. Un átomo se vuelve IÓN positivo, cuando éste pierde uno o más electrones. Cuando el átomo gana electrones (concedidos por otro átomo), se le denomina IÓN negativo.



### Materia prima.

#### ¿Cómo utilizar la energía contenida en el átomo?

Se sabe de la existencia de átomos que poseen 32 electrones o más, distribuidos en varios niveles. Y a su vez que los electrones se despegan de las últimas órbitas de la estructura del átomo. En resumen, el átomo posee una valiosa carga eléctrica negativa denominada electrón, la cual es la que se utiliza como materia prima de la electrónica, y estos se desplazan a una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo.

### **Niveles de energía.**

En electrónica, una órbita es un nivel de energía. Los electrones que estén ubicados en órbitas junto al núcleo, tienen poco nivel de energía; por el contrario, cuando el electrón está en una órbita distante al núcleo del átomo, este electrón posee mucha energía.

### **Obtención de energía de un átomo.**

Con solo hacer pasar los electrones de las órbitas interiores a las órbitas más exteriores bastará para que se pueda obtener energía. Para lograr esto, primero el átomo deberá ser sometido a ciertos tipos de procedimientos como pueden ser: presión o vibración física, fricción o roce, reacción química, luz, calor o Influencia magnética.

## **2.2. Tipos de enlace molecular**

Son los diferentes tipos de fuerzas existentes entre los átomos cuando se ha formado un sistema estable. Igualmente, se puede enunciar como el proceso químico encargado de las interacciones significativas entre átomos y moléculas, y que otorga estabilidad a los compuestos químicos diatómicos y poliatómicos. La ilustración de tales fuerzas atractivas es un área compleja que está definida por las leyes de la química cuántica.

### **Enlace iónico**

Enlace iónico (o enlazamiento iónico) se define como el efecto de transferencia de electrones (o paso de electrones) de un átomo a otro. El enlace iónico se genera entre un átomo electropositivo y uno electronegativo. El átomo electropositivo concede sus electrones y el átomo electronegativo los admite, como consecuencia de este proceso se aparecen iones positivos (con valencia  $+n_1$ ) y negativos (con valencia  $-n_2$ ) con configuraciones de capa sellada. En estas circunstancias, los iones con cargas  $+n_1$  y  $-n_2$  perciben atracción mutua. La fuerza de repulsión se revela cuando las configuraciones electrónicas de capa sellada iónica inician a traslaparse.

## **Enlace covalente**

El nombre “covalente” nace de la colocación compartida, cooperativa, de electrones de valencia entre dos átomos contiguos. Una peculiaridad significativa de estos enlaces es que se logran crear entre átomos del mismo tipo, entre los cuales puede haber muy poca o ninguna formación de enlaces iónicos, el enlace covalente se forma entre átomos con pequeñas diferencias de electronegatividad y situados muy próximos en la tabla periódica, habitualmente se comparten sus electrones externos s y p con otros átomos, de modo que consigue la configuración electrónica de gas noble.

En un enlace covalente sencillo, cada uno de los dos átomos contribuye con un electrón a la formación del par de electrones del enlace, y las energías de los dos átomos agrupados con el enlace covalente son menores (más estables) como resultado de la interacción de los electrones. En el enlace covalente, se logran formar múltiples pares de electrones por un átomo consigo mismo o con otros átomos. En los enlaces covalentes puros, los electrones de un átomo ayudan a los estados cuánticos disponibles y son compartidos entre los núcleos para crear una configuración de capa sellada.

## **Enlace metálico**

El enlace metálico es el que se presenta en los metales sólidos, en estos los átomos se encuentran empaquetados comparativamente muy juntos como un arreglo sistemático o estructura cristalina.

El enlace metálico es resultado de la habilidad de disociación de los metales en iones positivos y electrones libres. Hay muchos estados cuánticos utilizables en los metales, todos los cuales no pueden ser ocupados por electrones cuando los átomos se juntan unos a otros. Por ello, los metales tienen enlazamiento no saturado y se forman de un gran número de átomos como una macromolécula. Los electrones liberados se trasladan con facilidad de los orbitales de un átomo a los del otro y ya no están aprisionados a un par de átomos; elementalmente, son como un “fluido”. Es por esto que, por lo común, se toma a los metales como un gran agregado de centros iónicos positivos sumergidos en una “nube” o “mar” de electrones. Esta es la clásica y simple teoría de los electrones libres de los metales que se utiliza para distinguir los metales de los no metales, explicar las conductividades eléctricas y

térmicas excepcionalmente buenas de los metales, asimismo explica la opacidad óptica y la reflectividad.

La oscilación de los electrones libres absorbe la energía de la luz incidente en todas las longitudes de onda, por tanto, hace que el metal sea opaco.

### **Enlace secundario o de “Van der Waals”**

El enlace “Van der Waals” es una fuerza frágil de atracción que puede hallarse entre los átomos y las moléculas. A este enlace corresponde la condensación de los gases nobles y de las moléculas con enlaces químicamente para establecer líquidos y sólidos a temperaturas bajas.

El mecanismo de enlazamiento secundario es algo afín al iónico, esto es, por atracción de cargas opuestas. El contraste importante es que no se transfieren electrones. La atracción pende de las distribuciones asimétricas de carga positiva y negativa dentro de cada unidad atómica o molecular que se enlaza. Esta irregularidad de carga se llama dipolo. El enlazamiento secundario puede ser de dos tipos, según los dipolos sean Temporales o Permanentes.

El instante de un dipolo eléctrico se crea cuando dos cargas similares y opuestas se apartan. Los dipolos en los átomos o en las moléculas crean momentos dipolares.

### **Momento dipolar**

Un momento dipolar se especifica como el valor de la carga multiplicado por la distancia de separación entre cargas positiva o negativa, o:

$$\mu = qd$$

donde  $\mu$  = momento dipolar

$q$  = magnitud de la carga eléctrica

$d$  = distancia de separación entre los centros de las cargas

Los momentos dipolares en átomos y moléculas se miden en Culombio - metro ( $C \cdot m$ ) o en “debyes”, donde un “debyes” =  $3.34 \cdot 10^{-10} Cxm$ .

Las moléculas compuestas de dos o más átomos desiguales, pueden crear dipolos permanentes entre los átomos en claridad de sus diferencias de electronegatividad. El átomo más electronegativo atrae el electrón hacia sí y lo aleja del elemento menos electronegativo; se crea una molécula polar con dipolo permanente, en la que el segundo átomo tiene carga positiva y el primero, carga negativa.

### 2.3. Materiales conductores, aislantes y semiconductores

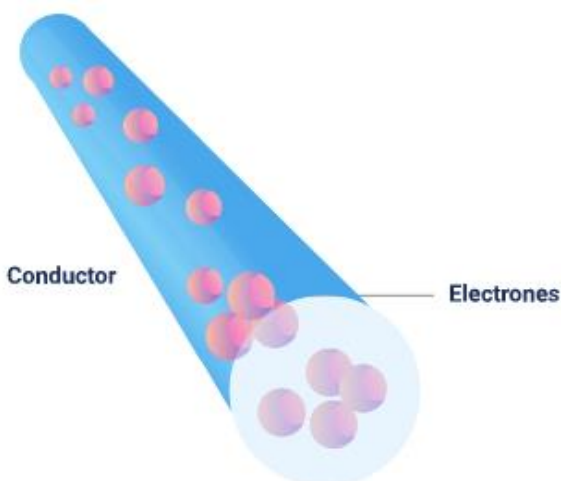
La resistencia en los materiales varía considerablemente de acuerdo a su clase. El oro y la plata son los materiales que menos oposición presentan al paso de una corriente eléctrica; en cambio hay otros materiales como el silicio que presenta una resistencia mucho mayor a la que pueden presentar materiales como el cobre o el aluminio. Finalmente existen otros materiales que presentan una altísima resistencia al paso de la corriente eléctrica.

**Teniendo en cuenta esta variación, los materiales se clasifican así:**

#### **Materiales conductores:**

Son aquellos que están constituidos por elementos que presentan una bajísima oposición al paso de los electrones debido a que los átomos que los conforman poseen gran cantidad de electrones libres. Por ejemplo: plata, cobre, aluminio, tungsteno, cinc, entre otros.

**Figura 2.** Electrones atravesando un conductor.








Conductor

Electrones

### Elementos de materiales conductores:

Los elementos conductores tienen habilidad para permitir el movimiento de cargas y sus átomos se caracterizan por tener muchos electrones libres y aceptarlos o cederlos con facilidad, por lo tanto, son materiales que conducen la electricidad. En la categoría “conductores” se encuentran agrupados todos los metales que en mayor o menor medida conducen o permiten el paso de la corriente eléctrica por sus cuerpos.

**Figura 3.** Grupos de elementos conductores, semiconductores y aislantes en la tabla periódica.

	<b>Conductores</b>					
	<b>Semiconductores</b>					
	<b>Aislantes</b>					
		B	C	N	O	
		5	6	7	8	
		Ai	Si	P	S	
		13	14	15	16	
		Zn	Ga	Ge	As	Se
		30	31	32	33	34
		Cd	In	Sn	Sb	Te
		48	49	50	51	52
		Hg	Ti	Pb	Bi	Po
		80	81	82	83	84

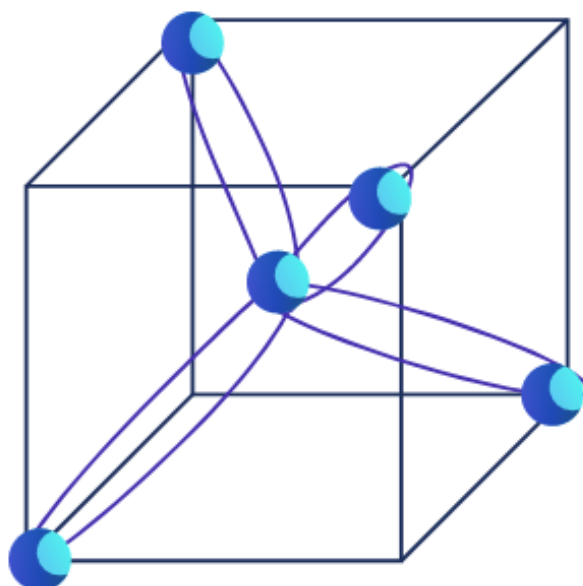
### Materiales semiconductores

Son aquellos que están constituidos por elementos que presentan una mediana oposición al paso de los electrones debido a que los átomos que los conforman poseen pocos electrones libres. Por ejemplo: germanio, silicio. Estos materiales alteran su conductividad con la temperatura, comportándose como conductores o como aislantes.

Los materiales conductores son aquellos cuyos átomos tienen electrones libres y los aislantes escasean de ellos, los semiconductores se encuentran en un escenario intermedio.

A una temperatura de 0° Kelvin se comportan como aislantes, debido a que a esta temperatura no hay electrones libres, pero mediante un aporte de energía puede modificar esta situación, alcanzando un comportamiento más cercano al de los conductores, es decir, a mayores temperaturas algunos electrones obtienen suficiente energía para escapar del enlace convirtiéndose en electrones libres (libres, pero dentro del sólido cristalino), dejando atrás una vacante en el enlace covalente. Dicha vacante es denominada hueco y todo este proceso se conoce como producción térmica de un par electrón.

**Figura 4.** Átomo de silicio compartiendo un electrón de valencia con cada uno de sus cuatro átomos vecinos.



### **Materiales aisladores**

Son aquellos que presentan una altísima oposición al paso de los electrones debido a que los átomos que los conforman, puede decirse que casi no tienen electrones libres. Por ejemplo: caucho, vidrio, baquelita.

Los elementos aislantes son aquellos que no permiten el paso e intercambio de electrones periféricos, siendo sus átomos regularmente estables, por tanto, no permite pasar la corriente eléctrica a través de ellos. Los átomos de los elementos aislantes tienen entre

cinco y siete electrones fuertemente ligados a su última órbita, lo que les imposibilita cederlos. Esta particularidad los convierte en malos conductores de la electricidad.

Así como no existen conductores perfectos, tampoco hay aisladores perfectos; todos los aisladores permiten el paso de corriente eléctrica a cantidades muy pequeñas; cuando las condiciones de trabajo son favorables para ello.

Por ejemplo, la humedad hace que los aisladores pierdan propiedades. Las altas tensiones o superiores a las estipuladas ocasionan conducción en los aisladores.

### **Usos de materiales en el sector eléctrico**

- a. Cables de aluminio en redes de distribución.
- b. Cables de cobre y aluminio en redes de distribución urbana.
- c. Cables y alambres de cobre en instalaciones residenciales e industriales.
- d. Semiconductores como el silicio y el germanio en la fabricación de diodos, transistores y circuitos integrados.
- e. Baños de oro en contactos, vías, rutas de tarjetas electrónicas y pines de circuitos integrados.
- f. Alambres de cobre para creación de diferentes tipos de inductores.
- g. Láminas de aluminio y dieléctrico para crear capacitores.
- h. Materiales aislantes para cubrir alambres conductores y borneras.
- i. Materiales aislantes como la cerámica o el vidrio para la fabricación de soportes para redes eléctricas.
- j. Materiales aislantes como la baquelita para la fabricación de tarjetas para el montaje de circuitos electrónicos.

## **2.4 Conductividad y resistividad**

### **a. Conductividad**

La capacidad de un material de permitir pasar la corriente eléctrica es lo que se llama conductividad eléctrica, esta es una medida de la capacidad para consentir circular libremente las cargas eléctricas. La estructura atómica y molecular del material son las que

definen la conductividad. Las estructuras que, de muchos electrones con vínculos frágiles, permiten su movimiento, los metales son buenos conductores ya que comparten estas características. Aunque hay otras variables como los físicos del propio material y de la temperatura que igualmente ayudan a la conductividad.

Como es la inversa de la resistividad es que se designa la conductividad. Por ende, su unidad es el s/m (siemens x metro) o  $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ . La proporcionalidad entre el campo eléctrico y la densidad de corriente de conducción es la que comúnmente se conoce como la magnitud de la conductividad ( $\sigma$ ).

## **b. Resistividad**

La resistencia eléctrica concreta de un material es a lo que se le llama resistividad. Esta es simbolizada por la letra griega rho minúscula ( $\rho$ ) y se mide en ohmios por metro ( $\Omega \cdot m$ ). El proceder de un material ante el paso de corriente eléctrica es lo que da su valor, lo que determina que tan bueno o malo es un material para conducir. Si la resistividad arroja un valor alto significa que el material es mal conductor y uno bajo es un buen conductor. Con la temperatura, regularmente, la resistividad de los metales crece, a diferencia de los semiconductores cuya resistividad se reduce ante el aumento de la temperatura.

Se puede decir que una peculiaridad propia de un material es la resistividad y esta posee unidades de ohmios x metro. El que tanto se resiste un material al paso de la corriente es lo que se enseña como resistividad y esta se detalla como  $\rho$  (rho) mediante la siguiente expresión:

$$\rho = (R \cdot A) / l$$

fórmula relacionada

donde:

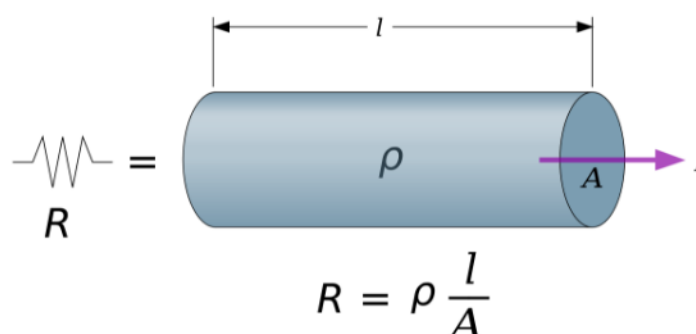
$\rho$ : Es la resistividad medida en Ohmios x metro ( $\Omega \cdot m$ ).

R: Es el valor de la resistencia eléctrica en Ohmios ( $\Omega$ ).

l: Es la medida de la longitud del material en metros (m).

Se puede concluir de la anterior expresión que, de la construcción, resistividad (material con el que fue hecho), longitud, y área transversal. Es del que depende el valor de un resistor, utilizado regularmente en electricidad y electrónica.

**Figura 5.** Resistividad eléctrica.



A menor área transversal y mayor longitud del elemento, más resistencia. A mayor área transversal y menor longitud del elemento, menos resistencia. La resistividad de los metales crece al aumentar la temperatura, contrario de los semiconductores en donde este valor decrece. Entonces se puede asegurar que la resistividad también depende de la temperatura.

A continuación, se observa una tabla con la resistividad eléctrica de los materiales más comunes.

**Tabla 5.** de resistividad eléctrica de algunos materiales resistivos

Material	Resistividad
<b>Conductores</b>	
<b>Plata</b>	1,47 x 10-5
<b>Cobre</b>	1,72 x 10-5

<b>Aluminio</b>	2,63 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Oro</b>	2,35 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Wolframio</b>	5,51 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Níquel</b>	6,84 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Hierro</b>	9,71 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Platino</b>	10,6 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Plomo</b>	20,65 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Manganina</b>	44 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Constantán</b>	49 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Nicrom</b>	100 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Semiconductores</b>	
<b>Carbono</b>	3,5 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Germanio</b>	0,60
<b>Silicio</b>	2,3 x 10 <sup>3</sup>
<b>Aisladores</b>	
<b>Vidrio</b>	1x10 <sup>10</sup> -1x10 <sup>14</sup>
<b>Ámbar</b>	5 x 10 <sup>14</sup>
<b>Lucita</b>	1 x 10 <sup>13</sup>

<b>Mica</b>	1 x 10 <sup>11</sup> - 1 x 10 <sup>15</sup>
<b>Cuarzo (Fundido)</b>	75 x 10 <sup>16</sup>
<b>Azufre</b>	1 x 10 <sup>13</sup>
<b>Teflón</b>	1 x 10 <sup>13</sup>
<b>Madera</b>	1x10 <sup>3</sup> - 1 x10 <sup>11</sup>
<b>Caucho</b>	1 x 10 <sup>13</sup> - 1 x

### 3. Definición de magnitudes eléctricas

A continuación, se conocerán las principales magnitudes eléctricas, como son la diferencia de potencial, la corriente eléctrica y la resistencia.

#### 3.1. Diferencia de potencial

El potencial es el estado eléctrico en que se encuentra un cuerpo. Todos los cuerpos en estado natural poseen átomos eléctricamente neutros. Cuando se altera el estado de equilibrio se genera un potencial negativo o positivo, esta diferencia es lo que se conoce como diferencia de potencial, que también es conocido como tensión o voltaje.

Todos los átomos de los cuerpos o materiales en estado natural se encuentran en equilibrio o eléctricamente neutros, es decir, poseen igual número de protones que electrones.

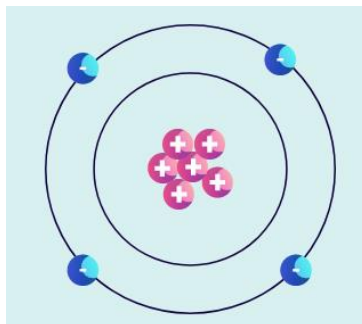
**+ Protones**

**- Electrones**

**Se puede alterar si sustraemos o añadimos electrones a los átomos de un cuerpo**

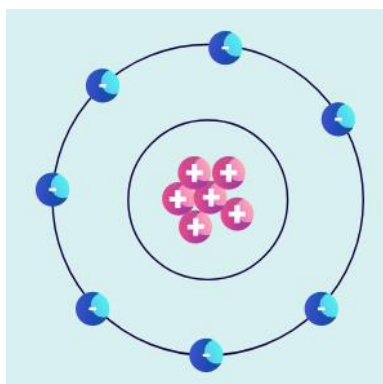
**Potencial positivo**

Se conoce como potencial positivo cuando el átomo pierde electrones, entonces el cuerpo se encuentra con mayor número de protones que de electrones, es decir está cargado positivamente.



### Potencial negativo

Se conoce como potencial negativo cuando el átomo gana electrones, el cuerpo tiene mayor número de electrones que de protones y por lo tanto se encuentra cargado negativamente.



El átomo en estado natural se denomina átomo sin carga, es decir, de potencia neutra.

### Tipos de potenciales

Caso 1.

La diferencia entre protones y neutrones es 0. En otras palabras, su potencial es 0, el cuerpo se encuentra en estado natural o sin carga eléctrica.





Potencial neutro

Protones: 6

Electrones: 6

Caso 2.

La diferencia entre protones y neutrones es 2 cargas positivas, es decir que le sobran 2 protones. Entonces, el potencial es (+2), se encuentra cargado positivamente



Potencial positivo

Protones: 6

Electrones: 4

Caso 3.

La diferencia entre protones y neutrones es 2 cargas negativas, es decir le sobran 2 electrones, entonces, tenemos una diferencia de (-2), por lo tanto su potencial es negativo.



Potencial negativo

Protones: 6

### Diferencia de potencial

Se tiene dos átomos con distinto potencial. El átomo A busca su equilibrio tomando 2 electrones del átomo B. El átomo busca su equilibrio cediendo 2 electrones al átomo A. Entonces, entre los átomos A y B existe una diferencia de potencial de 4 electrones.

Esta diferencia es el impulso que necesitan las cargas para poder fluir del punto A al punto B y es lo que en electricidad se conoce como una DIFERENCIA DE POTENCIAL (d.d.p.), también llamada Tensión, Voltaje, Fuerza Electromotriz.

Se representa con las letras U, V, E, F, E, M.

Cuando se escribe  $U_{AB} = 110 \text{ V}$

Esto significa que entre los puntos A y B, existe una tensión de 110 Voltios.

Para mantener la tensión entre los dos puntos se necesita un generador, que puede ser una pila o batería, un dínamo, entre otros. Los dos puntos reciben el nombre de terminales o bornes.

En una batería, debido a las reacciones químicas, hay un gran suministro de electrones en el terminal negativo y una deficiencia en el terminal positivo. Al conectar un alambre conductor entre los terminales, permitimos una trayectoria ininterrumpida entre ellos y los electrones fluyen del terminal negativo al terminal positivo.

En síntesis, la tensión o voltaje es la fuerza que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor desde un punto con potencial negativo hasta un punto con potencial positivo. Este movimiento de electrones se conoce como corriente eléctrica.

La unidad de medida de la TENSIÓN o VOLTAJE es el VOLTIO y se representa con la letra V.

### ¿Sabía qué?

Recibió este nombre en honor al químico y físico italiano Alessandro Volta, quien en 1800 inventó la primera batería electroquímica (pila voltaica).

**El instrumento de medición utilizado para medir voltaje es el voltímetro.**

La siguiente tabla contiene los múltiplos y submúltiplos del voltio habituales en electricidad.

**Tabla 6.** múltiplos y submúltiplos del voltio

	Unidad	Símbolo	Equivalencia
Múltiplos	Megavatio	MV	$10^6A$
	Kilovatio	KV	$10^3A$
Unidad básica	Voltio	V	1
	Milivoltio	mV	$0.001 A$ o $10^3A$
submúltiplos	Microvoltio	$\mu V$	$0.00000A$ o $10^6 A$

### 3.2 Corriente eléctrica

Si se conecta un alambre conductor entre dos terminales con diferente potencial, se tiene un flujo de electrones desde el punto con potencial negativo hacia el punto con potencial positivo. Este movimiento se conoce como corriente eléctrica.

La CORRIENTE ELÉCTRICA es el movimiento de electrones a través de un conductor eléctrico; dicho movimiento no es posible sin la aplicación, a dicho conductor, de la FUERZA ELECTROMOTRIZ (F.E.M.)

Así pues, cuando en un conductor hay movimiento de electrones, existe corriente eléctrica. Para que exista la corriente eléctrica se necesita:

Una trayectoria ininterrumpida que deben seguir los electrones para desplazarse entre los terminales de la fuente. Este camino es el conductor.

La fuerza electromotriz (F.E.M), suministrada por un generador o también llamado fuente de energía eléctrica. La fuente de energía permite el movimiento de electrones, y puede ser, por ejemplo, una pila.

El flujo de electrones que recorre el conductor cada segundo se puede medir y se llama INTENSIDAD DE CORRIENTE, comúnmente llamada corriente eléctrica.

## Unidad de medida de la intensidad de corriente

La unidad de medida de la corriente es el Amperio y se representa con la letra A.

### ¿Sabías qué?

Recibe su nombre en honor al físico francés André-Marie Ampère, uno de los principales científicos ilustres del electromagnetismo.

El instrumento para medir la intensidad o corriente eléctrica es el Amperímetro.

1 amperio es una corriente con un caudal de 1 Culombio por segundo. Una carga de 1 Culombio equivale a  $6,25 \times 10^{18}$  electrones ( $1C = 6,25 \times 10^{18} e$ ).

La siguiente tabla contiene los múltiplos y submúltiplos del amperio habituales en electricidad.

**Tabla 7.** múltiplos y submúltiplos del amperio

	Unidad	Símbolo	Equivalencia
Múltiplos	Megamperio	MA	$10^6 A$
	Kiloamperio	KA	$10^3 A$
Unidad básica	Amperio	A	1
	Miliamperio	mA	$0.001 A$ o $10^{-3} A$
submúltiplos	Microamperio	$\mu A$	$0.000001 A$ o $10^{-6} A$

### 3.3 Resistencia eléctrica

Todo material se resiste a que una corriente lo recorra. Esta resistencia variará de acuerdo con el tipo de material, temperatura, longitud y grosor del conductor por el que transiten los electrones.

Descarga. [Clic aquí.](#)

### 3.4 Efecto Joule

Para poder comprender el efecto Joule, primero se debe comprender el concepto de calor.

El calor es la liberación de energía por parte de un sistema, originada por el movimiento de las partículas atómicas que lo componen. Este fenómeno se puede apreciar en nuestra cotidianidad y tiene diversas aplicaciones. Se presenta en aparatos como planchas de ropa, hornos, tostadores de pan, etc. Por ejemplo, se emplea para generar calor a partir de la electricidad mediante calefactores eléctricos; o se reconoce como un motor eléctrico se calienta después de un tiempo de estar en operación. Una parte de la corriente que consume se desprende en forma de calor y la otra parte se convierte en energía mecánica.

Para el caso de los sistemas eléctricos, la corriente eléctrica que circula a través de un conductor produce efectos caloríficos. Esto ocurre debido a que los electrones en movimiento chocan contra los átomos del conductor y elevan su energía cinética. Parte de la energía cinética se transforma en calor, lo que hace que aumente la temperatura del conductor. Mientras más corriente fluya, mayor calor se disipará. Este fenómeno se llama efecto Joule. El nombre es en honor a su descubridor, el físico británico James Prescott Joule, quien estudió el comportamiento de la corriente eléctrica y realizó investigaciones en termodinámica.

Así pues, el calor disipado debido al flujo de la corriente eléctrica a través de un conductor, es evidencia del trabajo hecho por la corriente al vencer la resistencia del conductor; la energía que se necesita para realizar el trabajo la obtiene de una fuente. Cuanto mayor sea el calor producido, mayor será el trabajo hecho por la corriente, que por lo tanto requiere más energía de la fuente. A partir del cálculo del calor producido se puede obtener la energía entregada por la fuente, y viceversa.

El calor generado por el efecto descrito se puede calcular utilizando la Ley de Joule. Esta ley dice que: "El calor producido por una corriente eléctrica es directamente proporcional

a la RESISTENCIA del conductor, a la INTENSIDAD elevada al cuadrado y al tiempo que dure circulando esta corriente". Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$Q = I^2 * R * t$$

Donde:

Q es la energía calorífica producida por la corriente, en Joules.

I es la intensidad de la corriente que circula, en Amperios.

R es la resistencia eléctrica del conductor, en Ohmios.

t es el tiempo, en segundos.

En la práctica el calor producido se expresa en calorías, las restantes magnitudes en las unidades del Sistema Internacional. Para que el resultado quede expresado en calorías, se necesita multiplicar por 0.24. Este es el factor de conversión.

### **La ley de Joule y sus efectos - Video**

Te invitamos a ver el siguiente video sobre la ley de Joule y sus efectos: [Clic aquí.](#)

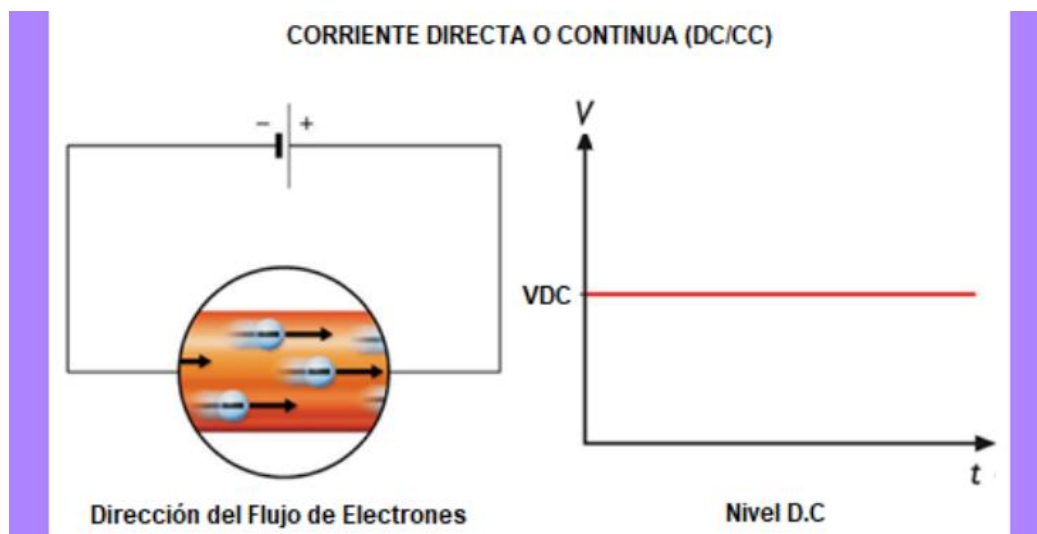
## **4. Formas de onda de energía eléctrica**

El movimiento de electrones produce un flujo o corriente, pero cuando en algunas circunstancias este desplazamiento no es siempre en la misma dirección, se puede decir que hay dos tipos de corriente: corriente continua y corriente alterna.

### **4.1. Corriente continua**

Si el flujo de electrones se desplaza continuamente en la misma dirección, se indica que la corriente es una corriente continua o directa. El sentido del flujo de la corriente continua va siempre de negativo (-) a positivo (+) como se ve en la figura a continuación.

**Figura 6.** Dirección del flujo de electrones y Nivel D.C.



Nota. SENA (2021).

### **CORRIENTE DIRECTA O CONTINUA (DC/CC)**

Dirección del Flujo de Electrones      VDC      Nivel D.C

La expresión corriente directa (C.D.) se utiliza para decir corriente continua. A la corriente continua o directa se le determinan las abreviaturas C.D, D.C. y C.C dependiendo del contexto en que se maneje.

Aunque usualmente se conoce la corriente directa como una corriente constante, en realidad es continua toda corriente que mantiene constante su polaridad, así se reduce su flujo acorde como se vaya consumiendo la carga, por ejemplo, al momento en que se descarga una batería eléctrica. De igual forma se dice corriente continua cuando los electrones se mueven constantemente en el mismo sentido, el flujo se llama corriente continua y va (por concordancia) del polo positivo al negativo.

Las fuentes de corriente continua que más se usan son: generadores de corriente directa o dinamos, baterías o acumuladores, pilas voltaicas o pilas secas.

### **Problemas con la polaridad en corriente continua:**

Ante un imprevisto cambio de polaridad, los aparatos electrónicos de corriente continua no están protegidos, esto conlleva a daños irreparables en estos. Una solución a esto, ya que una de las causas más relevantes es la acomodación inapropiada de las baterías, es que los aparatos adicione un gráfico de instalación de estas; Igualmente, los terminales se diferencian ya que vienen usualmente un resorte metálico de contacto para la polaridad negativa y una placa de contacto para la polaridad positiva. En aquellos aparatos que usan baterías recargables, la etapa de Transformación-Rectificación tiene una salida cuya conexión con el aparato sólo se hace de una forma, imposibilitando así una mala conexión de polaridad. En Europa la norma técnica de colores indica que Negro: Negativo (-) y Rojo: Positivo (+).

### **Aplicaciones:**

Los usos de la corriente directa son numerosos, habitualmente es utilizada en: fuentes de luz portátiles o linternas, fuentes de luz de emergencia en fábricas y almacenes, plantas telefónicas, vehículos automotores, etc.

La manipulación de la C.C es de mucho cuidado, ya que el usuario está en la obligación, de tener muy en cuenta, la conexión de la polaridad, ya que ciertos equipos pueden llegar a dañarse definitivamente al no energizarse de la manera adecuada.

## **4.2. Corriente alterna**

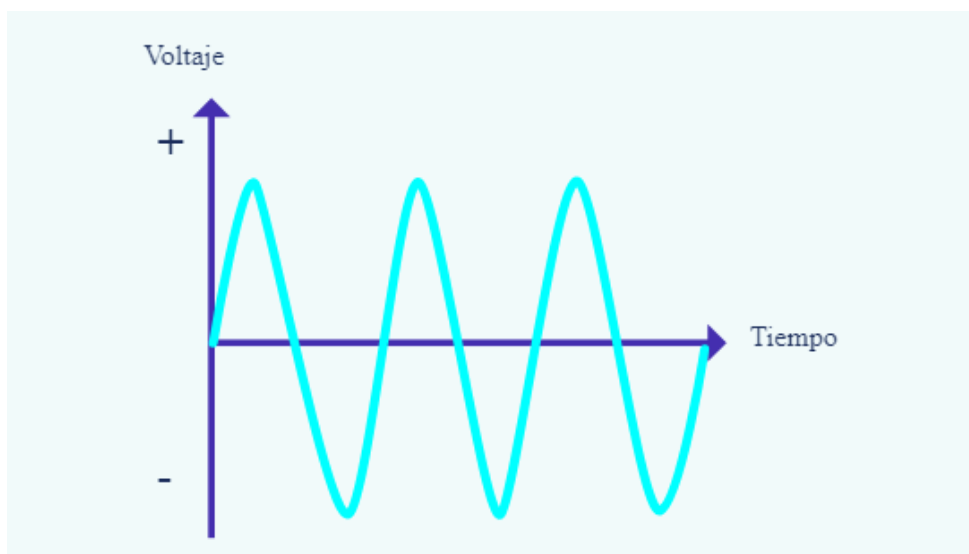
La variación periódica de la dirección del flujo de electrones es lo que comúnmente se denomina corriente eléctrica alterna. Es decir, la dirección del flujo y magnitud de la corriente alterna sufren inversiones cíclicas.

La forma de onda o de alternancia de la corriente alterna usualmente utilizada es la de onda seno, con esta se logra una eficiente transmisión de la energía, a tal punto que cuando se habla de corriente alterna se hace referencia a corriente alterna senoidal, visible en la siguiente figura.



Sin embargo, hay algunas aplicaciones especiales donde se manejan otros tipos de formas de ondas periódicas, como son las triangulares o la rectangulares.

**Figura 7.** Señal de Corriente alterna Senoidal.



Nota. Generatuluz. (2021).

La corriente alterna es la que habitualmente se utiliza, esta es la electricidad que llega a los hogares y a las industrias. Sin embargo, hay otros tipos de señales también consideradas del tipo de corriente alterna como las señales de audio y de radio transmitidas por los cables eléctricos. Pero ya en este tipo de aplicaciones la finalidad es totalmente diferente pues solo se basa en la transmisión y recepción de la información codificada (o modulada) sobre la señal de la corriente alterna.

Un generador de corriente alterna está cambiando constantemente su polaridad, así que, no se puede considerar que haya un terminal positivo y otro negativo asignado.

La frecuencia es una de las características más importantes de la corriente alterna, y consiste en el número de veces que la corriente cambia de dirección en un segundo, se da en ciclos por segundo (C/seg.) o Hertz (Hz). Las abreviaturas de corriente alterna son las siguientes: A.C, C.A. La fuente de corriente alterna comúnmente utilizada es el generador de corriente alterna o alternador.

Por lo anterior, queda claro que la corriente alterna es la corriente que venden las empresas de energía, o electrificadoras. Es la corriente que llega a los hogares y a todos los sectores en Colombia, a una frecuencia de 60 C/seg (ciclos por segundo) o 60 Hertz.

#### **a. Corriente alterna senoidal**

No todas las formas de onda tienen determinada su expresión matemática, esto, no permite que estas se puedan modelar matemáticamente para su análisis. Por el contrario, la onda seno no tiene esta incertidumbre matemática y presenta las siguientes prelación:

1. La expresión analítica y gráfica de la función seno está perfectamente determinada. Permitiendo que sea analizada mediante la teoría de los números complejos en las prácticas de circuitos alternos.
2. Mediante el estudio directo de las series de Fourier, se sustenta que con la sumatoria de una serie de ondas senoidales, de desiguales frecuencias, se puede obtener cualquier onda periódica no senoidal, estas ondas senoidales son llamados armónicos.
3. Para proporcionar el transporte de la energía eléctrica se logran concebir con facilidad y en magnitudes de valores superiores.
4. Mediante el uso de transformadores se hace posible su transformación en otras señales de distinta magnitud.

#### **b. Modelamiento matemático de una onda Sinoidal**

Una onda seno,  $a(t)$ , de Voltaje,  $v(t)$ , y corriente,  $i(t)$ , se puede formular matemáticamente según sus características, ver la figura a continuación, como una función del tiempo por medio de la siguiente ecuación:

$$a(t) = A_o * \sin (Wt + \beta)$$

Donde:

$A_o$ : amplitud en voltios o amperios, también llamado valor máximo o de pico.

$W$ : oscilación o velocidad angular en radianes/segundo.

t: tiempo en segundos.

$\beta$ : ángulo de fase inicial en radianes.

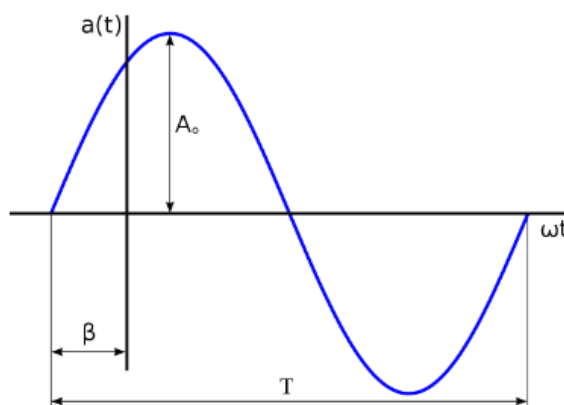
Para los matemáticos la velocidad angular es más llamativa que para ingenieros, dado esto la fórmula anterior también puede expresar como:

$$a(t) = A_o * \sin (\omega t + \beta)$$

Donde f es la frecuencia en hercios (Hz) y es igual al período T a la menos uno (T-1). Los valores más empleados en la distribución son 50 Hz y 60 Hz. Dependiendo del país.

$$f = 1 / T$$

**Figura 8.** Onda Sinusoidal.



#### 4.3. Valores medio (Amed) y eficaz (A) o RMS

La corriente alterna se puede medir en diferentes formas, como lo son valores medios o valores eficaces que también son llamados RMS, a continuación, se detalla cada uno de ellos.

##### a. Valor medio o Amed

Algunos lo describen como el componente de corriente continua o directa de la señal sinusoidal. Si el área está por encima del eje de abscisas se toma positiva y si está por debajo se toma como negativa. En una onda sinusoidal, el semiciclo positivo es idéntico, pero

invertido, al semiciclo negativo, dado que su valor medio es nulo. Por esta razón, en una señal sinusoidal el valor medio solo se representa en medio ciclo. Mediante cálculo integral se puede explicar que su expresión es la siguiente:

$$A_{med} = \frac{2 \cdot a_o}{\pi}$$

Donde

$A_o$ : amplitud en voltios o amperios (también llamado valor máximo o de pico).

$\pi$ : pi.

### **b. Valor eficaz (A) o RMS**

Cuando los mismos efectos caloríficos se originan con valores de una corriente o voltaje continuo o directo con respecto a su equivalente alterno, se dice que este es el valor eficaz. En otras palabras, para una corriente alterna dada, su valor eficaz ( $I_{ef}$ ) será la corriente continua o directa que provoca la misma disipación de potencia (P) o calor en una resistencia (R). Matemáticamente, se especifica que la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de los valores instantáneos alcanzados durante un período es el valor eficaz de una cantidad variable con el tiempo:

$$A = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

También se conoce como el valor cuadrático medio de una función o valor RMS. En el ámbito industrial, el valor eficaz es muy importante, ya que la mayoría de las operaciones de magnitud energética se realizan con este valor. Por este motivo se simboliza con la letra mayúscula de la magnitud en cuestión (I, V, P, etc.).

Matemáticamente, el valor eficaz de una corriente alterna senoidal se expresa mediante la expresión:

$$A = \frac{A_o}{\sqrt{2}}$$

Donde

$A_o$ : amplitud en voltios o amperios (también llamado valor máximo o de pico).

El valor de  $A$  representa un voltaje o una corriente. Es muy útil para calcular la potencia consumida por las cargas. Entonces, si un voltaje alterno genera una potencia  $P$  en una carga resistiva dada, un voltaje directo de  $V_{rms}$  generará la misma potencia  $P$  en la misma carga, por lo tanto,  $V_{rms} \times I = V_{CA} \times I$ .

## 5. Elementos de circuito

Hay diferentes tipos de elementos que componen un circuito, cada uno de ellos tiene una forma diferente de comportarse ante el paso de la corriente eléctrica. A continuación se detalla cada una de las características de los elementos que pueden componer un circuito.

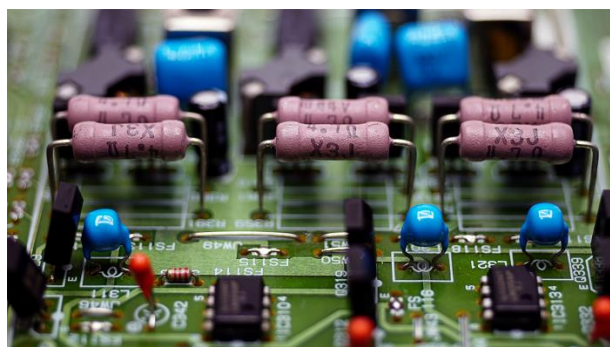
### 5.1. Resistencia

La resistencia es la propiedad que tiene un componente, o un trozo de conductor (canal que facilita el paso de electrones), de oponerse al paso de la corriente eléctrica. Mientras que el resistor es un componente físico mediante el cual se genera resistencia.

#### El Resistor

En circuitos eléctricos, comúnmente las resistencias se encuentran en forma de pequeños cilindros, que se conocen como resistores. Estos elementos están provistos de bandas de colores que indican su valor y precisión, como se observa en la siguiente figura.

**Figura 9.** Resistor.



Además, según sea el material con el que se construyen, se tienen diferentes niveles de resistencias.

El resistor se utiliza en algunos aparatos eléctricos como las planchas, estufas, calentadores, entre otros, en los que se utiliza el conductor como una fuente de calor.

Este tipo de resistores es elaborado con diferentes técnicas donde cada una se centra en un tipo de material. Estos materiales son: película de carbón, carbón prensado, metal vidriado, sustrato de alúmina (Resistores de montaje superficial SMD), película de óxido metálico, entre otros.

Para aplicaciones de potencias superiores tanto en corriente directa como en alterna son utilizados resistores de hilo o alambre bobinado sobre porcelana y los encapsulados de cerámico, entre otros.

#### **a. Codificación de valores en los resistores**

En los resistores existen tres formas diferentes para indicar los valores en Ohmios. La primera y la más simple de todas, se da en resistores de potencias medias y altas, donde se indica el valor en ohmios ( $\Omega$ ) o kilo Ohmios ( $k\Omega$ ), y la mayoría de las veces la potencia en “Wattios”, directamente estampado sobre el cuerpo del elemento.

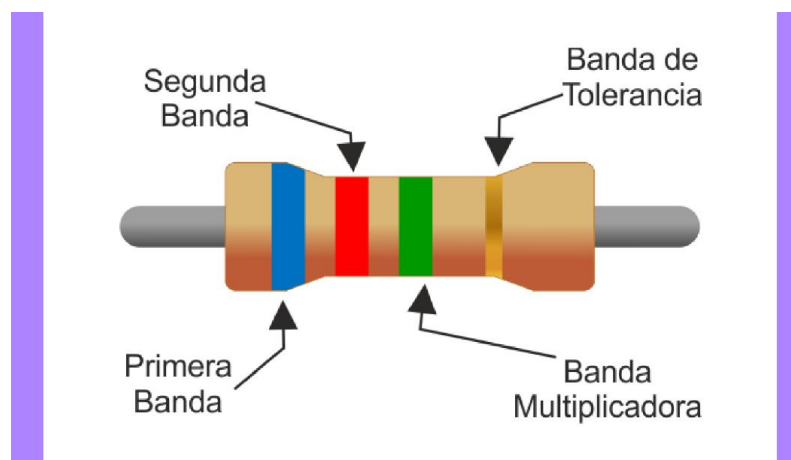
Una segunda es la codificación con franjas de colores llamado “Código de Colores en resistencias”. Una tercera y última codificación, la cual es aplicada en resistores de montaje superficial (SMD: “Surface Mounted Device o SMT: Surface Mount Technology”).

A continuación, se explican con más detalle los dos últimos tipos de codificación.

#### **1. Código de colores**

Para caracterizar un resistor hacen falta tres valores: resistencia eléctrica, disipación máxima y precisión o tolerancia. Estos valores se indican normalmente en el encapsulado dependiendo del tipo de éste; para el tipo de encapsulado axial, el que se observa en las fotografías, dichos valores van rotulados con un código de franjas de colores.

Estos valores se indican con un conjunto de rayas de colores sobre el cuerpo del elemento. Son tres, cuatro o cinco rayas; dejando la raya de tolerancia (normalmente plateada o dorada) a la derecha, se leen de izquierda a derecha.



Fuente: gekelectronica

**Tabla 8.** Valor de la resistencia eléctrica según su color

COLOR	BANDA SIGNIFICATIVA	BANDA MULTIPLICADORA	TOLERANCIA
Negro	0	X1	
Marrón	1	X10	1%
Rojo	2	X100	2%
Naranja	3	X1000	
Amarillo	4	X10000	
Verde	5	X100000	
Azul	6	X1000000	
Violeta	7		
Gris	8		
Blanco	9		
Dorado		X0,1	5%
Plata		X0,01	10%

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 ( $\Omega$ ). El coeficiente de temperatura únicamente se aplica en resistencias de alta precisión o tolerancia menor del 1%.

Color 1 Azul 6: El valor nominal en ohmios, es el obtenido al momento de descifrar el código de colores.

En el caso de ejemplo sería:

$$62 \times 10^1 = 620 \Omega \pm 5\%$$

Color 2 Rojo 2: El valor de tolerancia en ohmios, es obtenido determinando, en este caso el 5%, del valor nominal

En el caso de ejemplo sería:

$$5\% \text{ de } 620 \Omega = 31 \Omega$$

Color 3 Verde 5: El valor máximo en ohmios, es obtenido sumándole al valor nominal el valor de tolerancia en ohmios

En el caso de ejemplo queda:

$$620 \Omega + 31 \Omega = 651 \Omega$$

Tolerancia Dorado 5%: El valor mínimo en ohmios, es obtenido restándole al valor nominal, el valor de tolerancia en ohmios

En el caso de ejemplo sería:

$$620 \Omega - 31 \Omega = 589 \Omega$$

Para saber que un resistor está en buenas condiciones resistivas y eléctricas funcionales, su valor al medirlo con un óhmetro o multímetro debe estar entre el rango del valor máximo y el valor mínimo, si no cumple esta condición, se determina que este componente no



cumple con los parámetros de tolerancia que se designa cuando fue fabricada; por tal razón se aconseja reemplazarla.

## 2. Codificación resistores de montaje superficial (SMD: Surface Mounted Device o SMT: Surface Mount Technology)

Este tipo de codificación está compuesto por dos subtipos que están orientados para trabajar con 3 y 4 cifras significativas. Las cuales se explican a continuación.

### b. Codificación a tres cifras en resistencias SMD o SMT

En la figura se observa la codificación de tres cifras de un resistor. Los dos primeros dígitos indican el valor numérico de la resistencia. El tercer dígito es el multiplicador por 10. Esto significa que si el número es 5 el multiplicador es 100000 (o 10<sup>5</sup>), por lo tanto se agregan cinco ceros. Si el tercer número es 2, el multiplicador es 100 y así, según sea el caso.

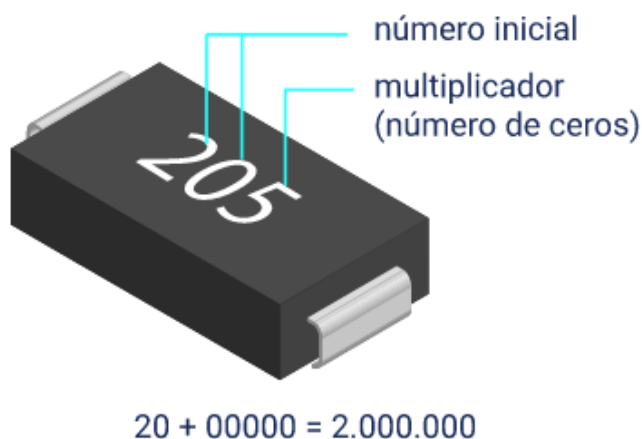
Así pues,

$$\text{Código 350} = 35 * 10^0 = 35 \Omega$$

$$\text{Código 521} = 52 * 10^1 = 520 \Omega$$

$$\text{Código 405} = 40 * 10^5 = 4 \text{ M}\Omega$$

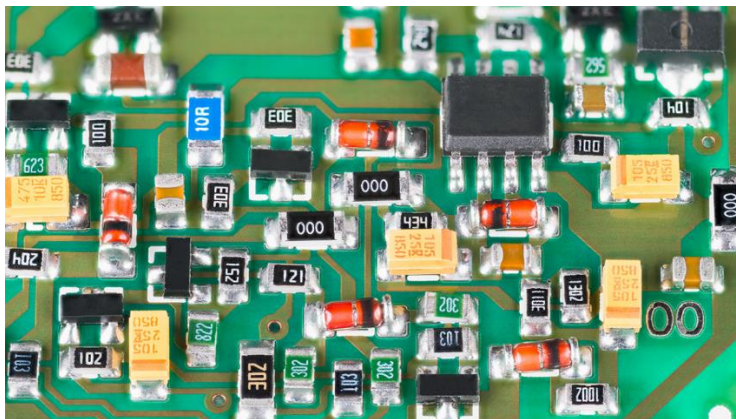
**Figura 10.** Codificación de tres dígitos en resistores SMD o SMT.



Nota. Mora, R. (2018, noviembre 4).

En la siguiente figura se observan más ejemplos de la codificación de tres cifras.

**Figura 11.** Codificación de tres dígitos de resistores SMD.



Nota. Mora, R. (2018, noviembre 4).

Esta codificación se utiliza cuando se tienen resistores cuyo valor de resistencia es mayor que 10  $\Omega$ , que corresponde al código 100.

Ahora bien, si se tienen resistencias menores que  $10\ \Omega$ , se utiliza la letra R en el código. Así, si la resistencia es de  $4.7\ \Omega$ , su código será entonces 4R7. La letra R se ubica en donde va el punto decimal del valor de la resistencia.

Así pues,

Código 5R3 = 5.3  $\Omega$

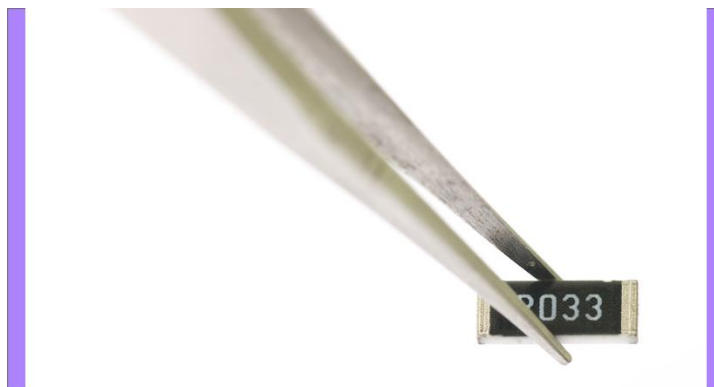
Código 37R = 37 Ω

Código R39 = 0.39  $\Omega$

### c. Codificación de cuatro cifras en resistencias SMD o SMT

Cuando se requiere mayor precisión, la codificación de las resistencias se hace de una manera distinta. Se utilizan cuatro cifras, en la que los tres primeros dígitos indican el valor numérico del elemento y el cuarto dígito es el multiplicador por 10. Esta codificación se utiliza para valores mayores que 100  $\Omega$ , que corresponde al código 1000. En resistencias mayores que dicho valor, se utiliza la letra R, similar al caso de la codificación a 3 cifras.

**Figura 12.** Codificación de cuatro cifras en resistencias SMD o SMT de precisión.



Nota. Mora, R. (2018, noviembre 4).

### **Resistencia Equivalente**

La resistencia eléctrica equivalente consiste simplemente en simplificar un circuito resistivo cualquiera, de más de una resistencia a una sola resistencia, que sustituye a las otras para facilitarnos los cálculos dentro de un circuito. En definitiva, es un artificio matemático por medio del cual se consigue estudiar el comportamiento de un circuito por medio de otro más simple con una sola resistencia.

El circuito equivalente obtenido, no es igual que el original, pero si serán iguales los parámetros totales como: voltaje total, corriente total y resistencia total o equivalente. Por ejemplo, en un circuito con varias resistencias, si se calcula la resistencia total del circuito, esta sería la resistencia equivalente, es decir, equivale a todas las resistencias del circuito.

Existen diferentes formas de circuitos resistivos que difieren según a como están conectadas las resistencias entre sí, estos son: circuito resistivo serie, circuito resistivo paralelo y circuito resistivo mixto.

### **Circuito resistivo serie:**

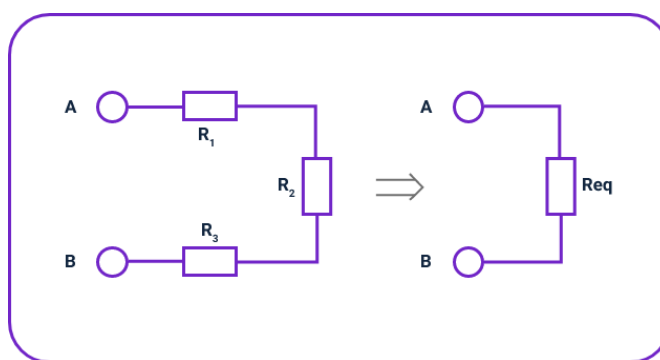
Un circuito con dos o más resistencias en serie es equivalente a otro con una sola resistencia cuyo valor se obtiene sumando todas las resistencias que forman parte del circuito y que se llamará resistencia total o equivalente.

Según esto, para calcular la resistencia equivalente del circuito resistivo serie, solo hay que sumar el valor de cada una de las resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ .

Sí  $R_1=10\Omega$ ,  $R_2=20\Omega$  y  $R_3=30\Omega$ .

Entonces,

$$eq= R_1+R_2+R_3= 10\Omega+20\Omega+30\Omega= 60$$



### Circuito resistivo paralelo:

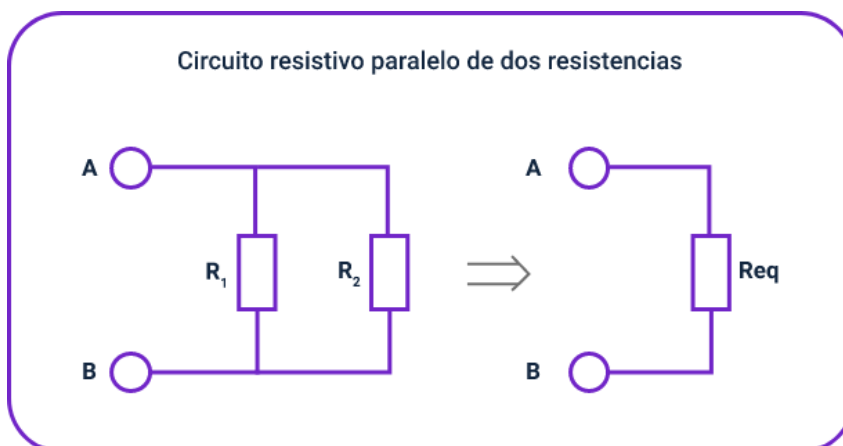
Un circuito con dos resistencias en serie es equivalente a otro con una sola resistencia cuyo valor se obtiene multiplicando el valor las dos resistencias y este resultado dividiéndolo por la suma de las mismas dos resistencias que forman parte del circuito y que se llamará resistencia total o equivalente.

Según esto, para calcular la resistencia equivalente del circuito resistivo serie, solo hay que sumar el valor de cada una de las resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ .

Sí  $R_1=10\Omega$  y  $R_2=20\Omega$ .

Entonces,

$$Req = \frac{10\Omega \times 20\Omega}{10 + 20\Omega} = 6.66 \Omega$$



Circuito resistivo paralelo de dos resistencias

Un circuito con dos o más resistencias en paralelo es equivalente a otro con una sola resistencia cuyo valor se obtiene sumando las conductancias ( $1/R$ ) de cada uno de los valores de las resistencias del circuito y finalmente invirtiendo este resultado.

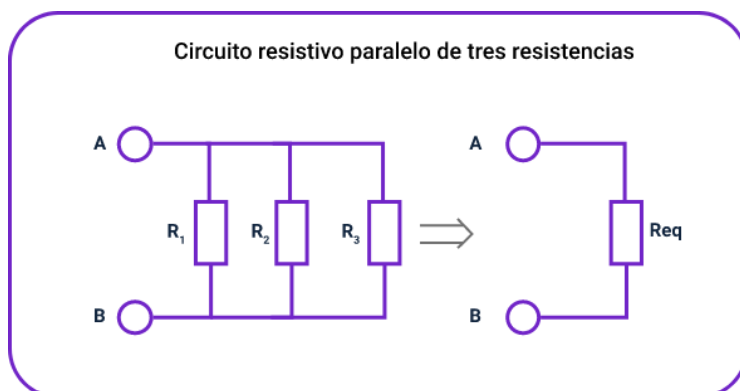
Ósea:

$$Req = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad \text{Ó} \quad Req = (R_1^{-1} + R_2^{-1} + \dots + R_n^{-1})^{-1}$$

Sí  $R_1=10\Omega$ , y  $R_2=20\Omega$  y  $R_3=30\Omega$ .

Entonces,

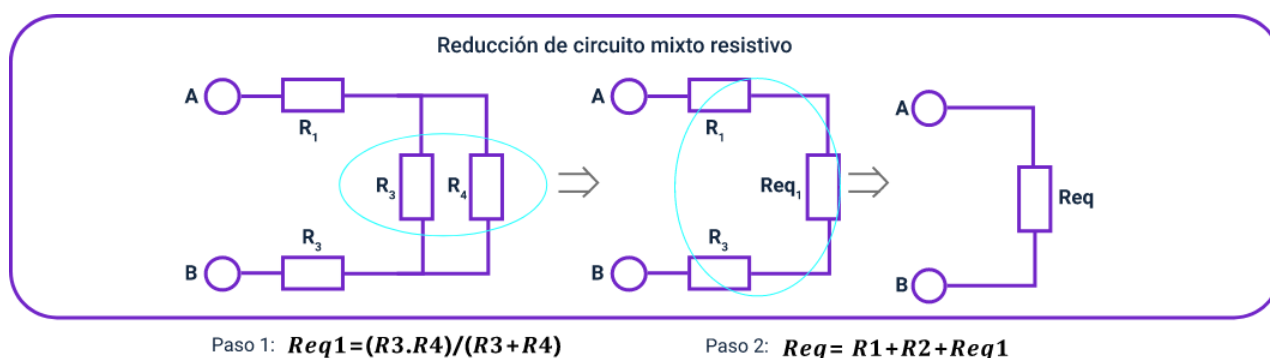
$$Req = \frac{1}{\frac{1}{10\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{30\Omega}} = 5.45\Omega \quad \text{Ó} \quad Req = (10\Omega^{-1} + 20\Omega^{-1} + 30\Omega^{-1})^{-1} = 5.45\Omega$$



Circuito resistivo paralelo de tres resistencias

### Circuito resistivo mixto:

Un circuito con más de dos resistencias, una en serie y otras en paralelo es equivalente a otro con una sola resistencia cuyo valor se obtiene desarrollando escalonadamente los grupos de resistencias que evidentemente están en serie y/o paralelo, bajo los métodos anteriormente enunciados, obteniendo de cada grupo resistencias equivalentes temporales que poco a poco van reduciendo el circuito hasta que se logre un único valor de resistencia total o equivalente al circuito resistivo inicial. En la figura se observa cómo se va reduciendo un circuito mixto resistivo de forma escalonada hasta llegar a una sola resistencia equivalente.



## 5.2. Inductancia

Es el efecto que se genera en un conductor ante el paso de la corriente eléctrica, llamado reactancia inductiva. Igualmente, es la relación entre la cantidad de flujo magnético y el flujo de electrones que fluye a través de un inductor o bobina.

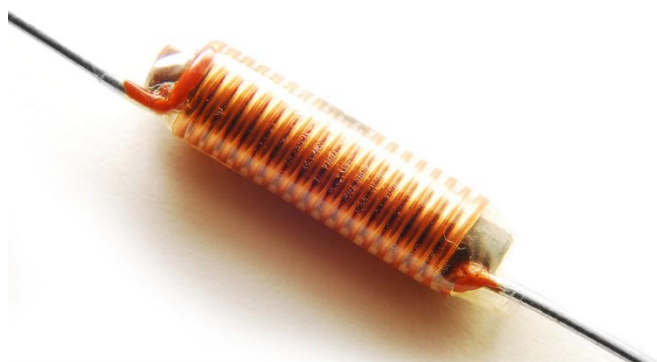
La inductancia es representada con la letra L y la unidad de medida es el Henry o Henrio, el cual se representa con la letra H, se suelen emplear los submúltiplos miliHenrio (mH) y microHenrio ( $\mu$ H). y equivale a la inductancia que produce una tensión autoinducida de 1 voltio al variar constantemente su corriente a razón de 1 amperio en cada 1 segundo, como se indica en la siguiente expresión:

$$1 \text{ Henrio} = \frac{1 \text{ Voltio}}{\frac{1 \text{ Amperio}}{1 \text{ Segundo}}} \Rightarrow 1 \text{ Henrio} = \frac{1 \text{ Voltio} \times 1 \text{ Segundo}}{1 \text{ Amperio}}$$

### Inductor o bobina

Componente pasivo de un circuito eléctrico que almacena energía en forma de campo magnético debido al fenómeno de autoinducción. Por lo general, está constituido por una cabeza hueca de una bobina de material conductor, generalmente hilo o alambre de cobre esmaltado. Existe una gran variedad de inductores, entre los más conocidos, los de núcleo de aire que, para aumentar su capacidad de magnetismo, agregan un núcleo de material ferroso.

**Figura 13.** Bobina con núcleo.



Nota. Freepng.es. (2020).

Los inductores se oponen a los cambios bruscos en la corriente que circula a través de ellos, generando una tensión (fem) de sentido contrario a su polaridad intentando contrarrestar ese cambio. Cuando un inductor es conectado a una corriente eléctrica continua o directa, este presenta inicialmente una resistencia, solo mientras el campo magnético se crea, y posteriormente no presenta prácticamente oposición al paso de corriente. El inductor mantendrá una tensión autoinducida para intentar mantener la corriente, cuando por una circunstancia se disminuye la tensión.

En un inductor la inductancia depende de:

- Cantidad de vueltas o número de arrollamientos o espiras en el inductor, entre más espiras mayor será su valor en Henrios ósea mayor inductancia.
- El tamaño o diámetro de los arrollamientos, a mayor diámetro de estos, mayor valor en Henrios ósea mayor inductancia.
- La longitud del alambre con el que está diseñada la bobina.
- El material con el que está constituido el núcleo, si lo hay.

Para obtener el valor de inductancia de un inductor o bobina se debe de recurrir a la siguiente expresión:

$$L = N^2 \mu S / l$$

Donde,



**L:** valor de la inductancia (H).

**N:** número de espiras del inductor.

**$\mu$ :** permeabilidad del núcleo (Wb/A.m).

**S:** sección del núcleo (m<sup>2</sup>).

**l:** longitud de líneas de flujo (m).

Si el inductor no posee núcleo, será la permeabilidad del aire.

Dependiendo de la intensidad que recorre la bobina, se creará proporcionalmente un campo de flujo magnético.

En este caso se puede decir que:

$$\Phi = L \times I$$

Donde,

**$\Phi$ :** es el flujo magnético.

**I:** la intensidad de la bobina.

**L:** la inductancia.

Esta es otra representación que se tiene para el cálculo de la inductancia (L).

Es importante tener en cuenta que cualquier conductor tiene una inductancia, incluso cuando este no forma una parte de un inductor. La inductancia de un simple hilo o alambre recto es pequeña, pero no despreciable si la corriente que pasa por él cambia con rapidez, ya que el voltaje inducido puede ser apreciable.

### **Aplicaciones de los inductores**

- a. Una gran aplicación de los inductores es la creación de transformadores para permitir aumentar o disminuir voltajes de corriente alterna.
- b. Una aplicación interesante es la utilización como inductor en los autos, el cual forma parte del sistema de ignición.

- c. Como elemento adicional el cual está junto al tubo y que usualmente se llama balastro en los sistemas de iluminación con tubos fluorescentes.
- d. Para filtrar voltajes rizo restantes de corriente alterna AC rectificada y solo adquirir corriente continua o directa CC en la salida, en las fuentes de alimentación.
- e. Se usan inductores en paralelo con un capacitor, para crear sintonizadores por medio de circuitos resonantes como sintonizadores en receptores de radio o televisión, el cual permite la sintonía de emisoras o canales de televisión.

### **Tipos de bobinas**

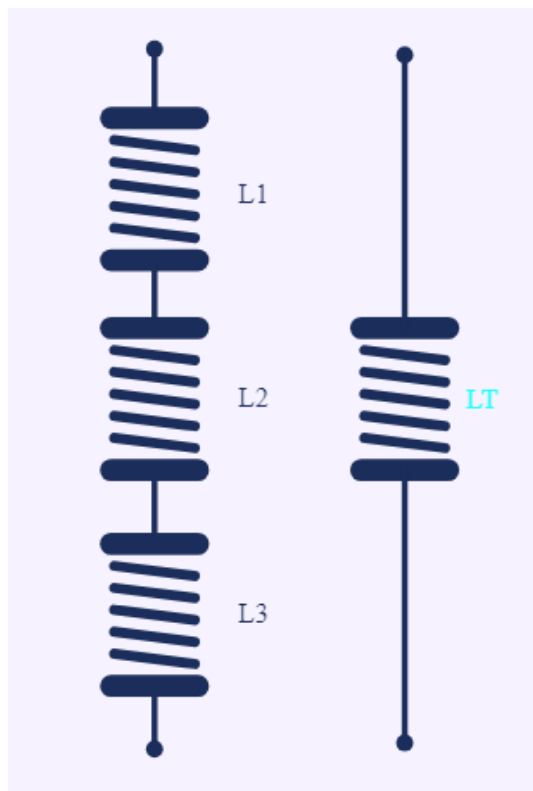
Son varios los tipos de bobina que existen. Principalmente se encuentran alambradas, impresas y con código de colores.



### **Inductores o bobinas en serie**

En la siguiente figura, se observan tres bobinas conectadas en serie.

**Figura 15.** Arreglo de Bobinas en serie.



Nota. Componentes pasivos (s.f).

La suma de los valores de inductancias equivale a la inductancia total (o bobina equivalente) del arreglo, que en este caso es:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$

En general, para calcular el valor de la inductancia total (o bobina equivalente) de un arreglo de inductores o bobinas en serie, se deben sumar los valores de inductancia individuales. La expresión matemática es:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N$$

donde N es el número de bobinas o inductores conectados.

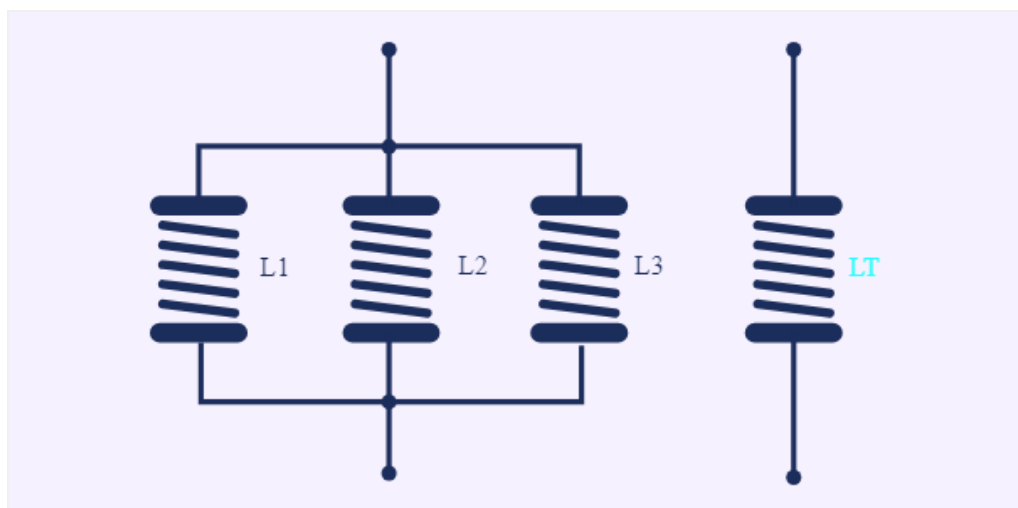
## Inductores o bobinas en paralelo

Para obtener valores de bobina o inductor equivalente de varios inductores conectados en paralelo, se hace un procedimiento similar al que se hace cuando se trabaja con resistencias igualmente en paralelo. En este ejemplo se presentan 3 bobinas en paralelo, pero el procedimiento se puede realizar para un sinnúmero de inductores conectados, con la siguiente expresión:

$$1/LT = 1/L1 + 1/L2 + 1/L3 + \dots 1/LN$$

donde N es el número de bobinas conectadas en paralelo.

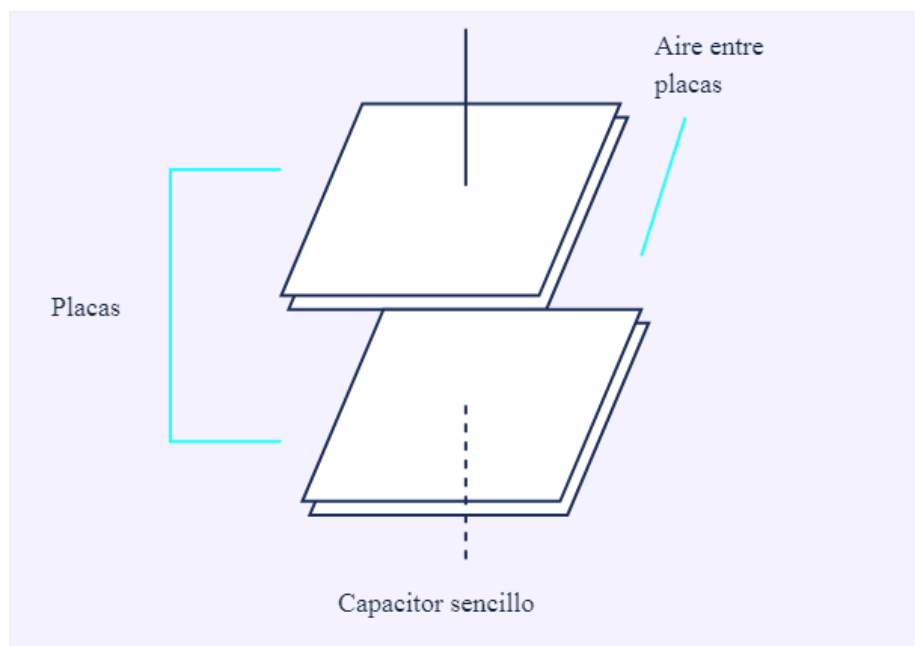
**Figura 16.** Inductores o bobinas en paralelo.



## 5.3. Capacitancia

Reactancia capacitiva en la corriente eléctrica. Capacidad que tiene un componente, cuerpo, circuito, etc., para acumular y mantener energía en forma de carga eléctrica. La capacitancia es una magnitud que expresa la cantidad de energía eléctrica almacenada para un voltaje proporcionado. El componente más habitual que acumula energía es el capacitor o condensador.

**Figura 17.** Capacitor sencillo.



La correlación entre el voltaje, o tensión, que existe entre las placas de un capacitor y la carga eléctrica acumulada en este, se detalla con la siguiente fórmula matemática:

donde:

$$C = \frac{q}{V}$$

**C:** es la capacidad, medida en faradios; esta unidad es relativamente grande y suelen utilizarse submúltiplos como el microfaradio ( $\mu\text{f}$ ), nanofaradio (nf) o picofaradio (pf).

**q:** es la carga eléctrica almacenada, medida en culombios.

**V:** la diferencia de potencial (o tensión), medida en voltios.

### **Condensador o capacitor**

El primer capacitor en la historia de la electricidad es la botella de Leyden.

Un condensador o capacitor es un componente que acumula carga eléctrica. El capacitor se constituye de dos placas, usualmente metálicas, que están apartadas por un

material dieléctrico o aislante, el cual puede ser aire u otro material que no permita que estas partes metálicas tengan contacto. Tiene una similitud a una batería simple, pero el capacitor únicamente acumula energía, ya que no puede generarla. Los capacitores se miden en faradios (f), pudiéndose encontrar capacitores que se dan en microfaradios (uf), picofaradios (pf) y nanofaradios (nf).

Cabe recalcar que la capacitancia siempre será una magnitud positiva y esta depende de la contextura del condensador o capacitor ya sea de las láminas paralelas, si es cilíndrico o esférico. Otra variable del que depende este es del material dieléctrico que se utiliza entre las dos placas del capacitor. Entre más alta sea la constante dieléctrica del material aislante utilizado, mayor es la capacitancia. En la práctica, el comportamiento eléctrico del capacitor se enuncia mediante la siguiente ecuación diferencial, la cual se obtiene derivando respecto al tiempo la ecuación anterior.

**Figura 18.** Botella de Leyden.



Nota. CIENCIA FÁCIL (s.f).

Donde,

$$I = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt}$$

Donde I equivale a corriente dada en amperios.

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

**C:** es la capacidad, en faradios.

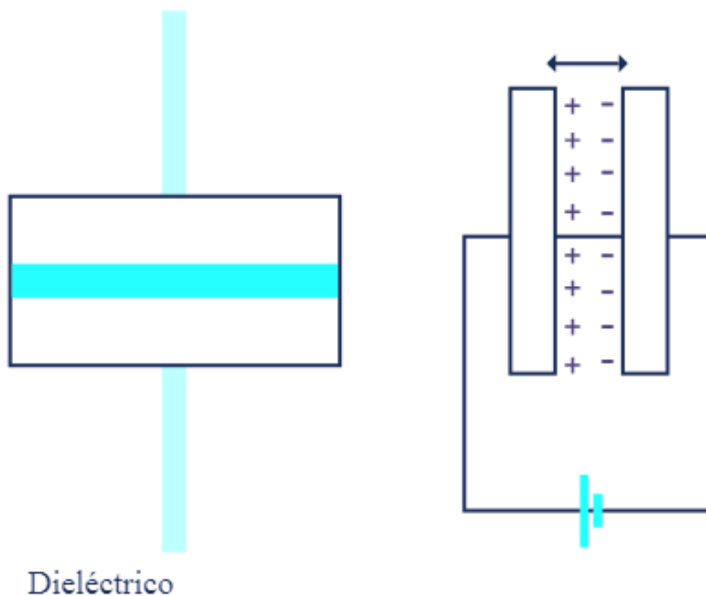
**A:** es el área de las placas, en metros cuadrados.

**$\epsilon$ :** es la permitividad.

**d:** es la separación entre las placas, en metros.

**Figura 19.** Capacitor excitado.

Láminas conductoras



## Aplicaciones de un capacitor

- Descargas rápidas, como un Flash, en donde el capacitor se tiene que evacuar su carga a gran velocidad para generar un flasheo necesario, esto se logra con facilidad mediante la conexión en paralelo con una resistencia de bajo ohmiaje.
- Para eliminar el "rizado" que se crea en el proceso de la rectificación de voltaje en la conversión de voltaje alterno Vac a voltaje continuo o directo Vdc
- Un capacitor, idealmente, tiene un comportamiento como el de un corto circuito ante una señal de corriente alterna AC y como un circuito abierto para señales de corriente continua o directa CC. Este comportamiento lo hace óptimo para aislar etapas o áreas de un circuito.

## Condensadores en serie

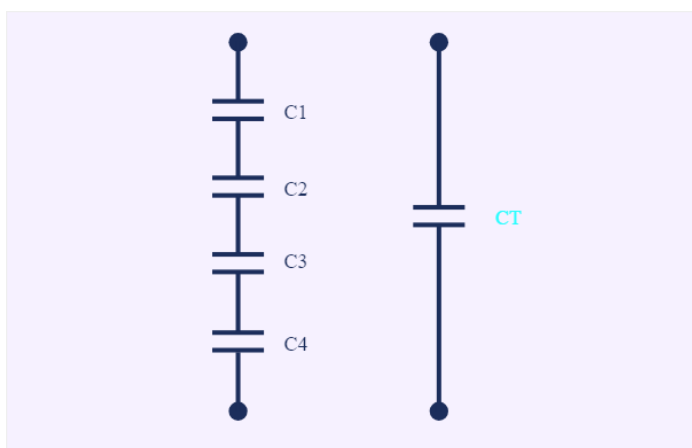
En la figura puede observarse que se conectan cuatro capacitores en serie, con el fin de obtener el condensador o capacitor equivalente, mediante la utilización de la expresión:

$$1/CT = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + 1/C4$$

Si se desea realizar el cálculo de más de dos capacitores conectados en serie, se puede hacer con ayuda de la siguiente fórmula:  $1 / CT = 1 / C1 + 1 / C2 + ... + 1 / CN$

donde N es el número de capacitores.

**Figura 20.** Condensadores en serie.



Nota. SENA (2021).



## Condensadores en paralelo

En la figura se puede observar que se conectan 4 condensadores en paralelo, para obtener el condensador o capacitor equivalente se utiliza la siguiente expresión:

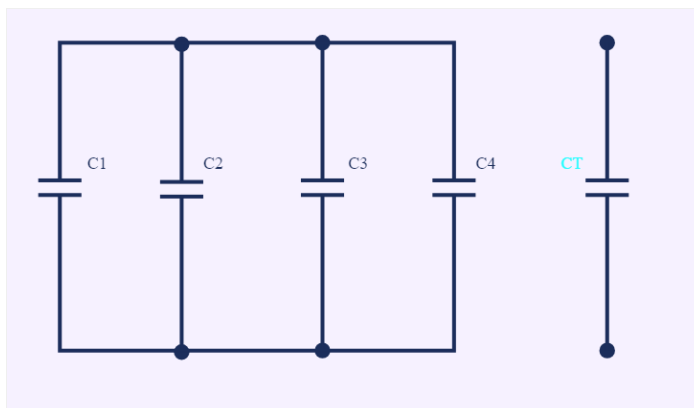
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

Si se desea realizar el cálculo para cualquier número de capacitores en paralelo, se puede obtener esto con la ayuda de la siguiente expresión:

$$C_T = C_1 + C_2 + \dots + C_N \text{ donde } N \text{ es el número de condensadores.}$$

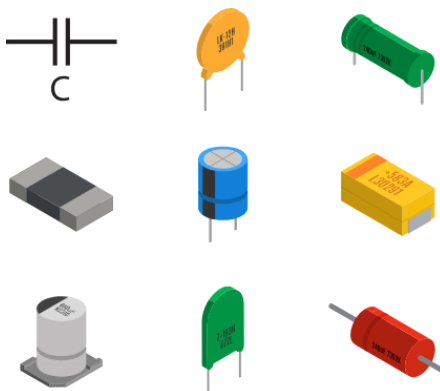
Para obtener el capacitor equivalente de conexión de condensadores en paralelo, solo basta con sumar cada uno de sus valores de capacitancia.

**Figura 21.** Condensadores en paralelo.



## Tipos de capacitores o condensadores

**Figura 22.** Tipos de capacitores.



## **Capacitores fijos**

Son de capacidad fija, cuyo valor no se puede modificar y está determinado por el fabricante. El tipo de dieléctrico utilizado para su construcción define sus características principales y el tipo tales como:

- a. Cerámicos
- b. Plástico
- c. Mica
- d. Electrolíticos
- e. De doble capa eléctrica

## **Capacitores cerámicos**

La cerámica creada a partir del dióxido de titanio es el dieléctrico comúnmente utilizado por estos Capacitores. Este material le da características de inestabilidad al condensador por lo que en base al material se hace la clasificación de dos grupos:

Grupo I: coeficiente de temperatura mejor definido y casi constante y caracterizados por una alta estabilidad.

Grupo II: de características no lineales, coeficiente de temperatura prácticamente no definido, los valores de capacitancia varían considerablemente con la temperatura, el voltaje y uso. Tiene una elevada permitividad.

Tiene amplias posibilidades de diseño mecánico y eléctrico gracias a las altas constantes dieléctricas que permite las características de la cerámica.

## **Capacitores de plástico**

Son condensadores con altas resistencias de aislamiento y elevadas temperaturas de trabajo. Se pueden diferenciar entre los de tipo k y tipo MK, el cual es determinado por el proceso de fabricación que está regido por el material utilizado para su armadura, en el caso uno de metal y en el caso dos, metal vaporizado.

Se pueden distinguir estos tipos comerciales según el dieléctrico utilizado:

**KS.** “Styroflex”. Compuesto por un dieléctrico es de poliestireno más láminas de metal.

**KP.** Compuesto por dieléctrico de polipropileno más láminas de metal.

**MKP.** Compuesto por dieléctrico de polipropileno y armaduras de metal vaporizado.

**MKY.** Compuesto por dieléctrico de polipropileno de alta eficiencia y láminas de metal vaporizado.

**MKT.** Compuesto por dieléctrico de “tereftalato” de polietileno (poliéster), más láminas de metal vaporizado.

**MKC.** “Makrofol”. Compuesto por dieléctrico de policarbonato más metal vaporizado para las armaduras.

Características típicas de los capacitores de plástico

**Tabla 9.** Características típicas de los capacitores de plástico

TIPO	CAPACIDAD	TOLERANCIA	TENSION	TEMPERATURA
KS	2pF-330nF	+/- 0,5% +/- 5%	25V – 630V	-55° C - 70° C
KP	2pF-100nF	+/- 1% +/- 5%	63V – 630V	-55° C – 85° C
MKP	1,5nF-4700nF	+/- 5% +/- 20%	0,25KV – 40KV	-40° C – 85° C
MKY	100nF-1000nF	+/- 1% +/- 5%	0,25KV – 40KV	-55° C – 85° C
MKT	680pF-0,01mF	+/- 5% +/- 20%	25V – 630V	-55° C – 100° C
MKC	1nF-1000nF	+/- 5% +/- 20%	25V – 630V	-55° C – 100° C

## Capacitores de mica

El dieléctrico utilizado es la mica o silicato de aluminio y potasio para este tipo de capacitores. Estos se destacan por sus pequeñas pérdidas, ancho rango de frecuencias y estabilidad alta ante la temperatura y el tiempo de uso.

## **Capacitores electrolíticos**

Capacitores donde una de las armaduras está constituida por un conductor iónico o electrolito y la otra es de metal. Son de altos valores capacitivos respecto al tamaño y regularmente vienen polarizados. Se pueden distinguir dos tipos:

**Electrolíticos de aluminio:** el electrolito de tetraborato armónico con una armadura metálica de aluminio.

**Electrolíticos de tántalo:** son de valores capacitivos más altos respecto a los anteriores para un mismo tamaño. El dieléctrico está constituido por óxido de tántalo. Por otra parte, su costo es más elevado y las tensiones nominales que soportan son menores que los de aluminio.

## **Capacitores de doble capa eléctrica**

Capacitores de gran capacidad por unidad de volumen a esto se le debe el nombre de súper capacitores o CAEV y no usan dieléctrico por lo que son muy delgados. Desde el punto de su aplicación como fuente acumulada de energía dentro de sus características eléctricas más significativas se tiene: Altos valores capacitivos tamaños reducidos, bajas corrientes de fugas, alta resistencia serie, y pequeños valores de tensión.

## **Capacitores variables**

Capacitores con la particularidad de poder variar su capacitancia. Hay capacitores variables cuya aplicación conlleva a variaciones de frecuencias en un circuito de manera frecuente, por ejemplo, sintonizadores; y Capacitores de ajuste, comúnmente llamados “trimmers”, que normalmente son ajustados una sola vez en la placa para aplicaciones de reparación y puesta a punto. El desplazamiento mecánico entre las placas enfrentadas es lo que permite esta variación de la capacitancia.

La forma constructiva de las placas enfrentadas es la que determina la relación con que varían su capacidad respecto al ángulo de rotación viene determinada, obedeciendo diferentes leyes de variación como la lineal, logarítmica y cuadrática corregida.

**Figura 23.** Capacitores variables.



#### 5.4. Fuentes independientes

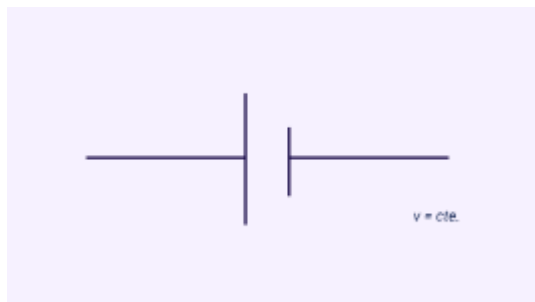
Son las que mantienen un valor fijo, estas pueden ser ya sea de tensión o de corriente, independientemente del estado del circuito.

##### Fuentes de tensión o voltaje, independientes

Son las fuentes de alimentación más habituales que hallamos en prácticamente la mayoría de circuitos. Entre sus terminales se suministra un voltaje, o tensión, constante, por tal razón la corriente que suministra depende del valor de la resistencia del circuito o de la resistencia de carga que se conecte.

Un ejemplo claro de esto es que, si poseemos una fuente de voltaje de 12 V y le conectamos un resistor de 2  $\Omega$ , circularán por el resistor 6 amperios. Si por el contrario se conecta un resistor de 6 ohm, circularán 2 amperios. Pero siempre la tensión entre los terminales de la fuente es constante.

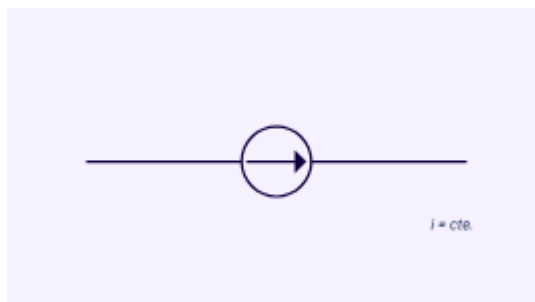
El valor de voltaje suministrado es independiente del valor de la carga que se conecte. Las fuentes de tensión se simbolizan con dos líneas de diferente tamaño, correspondiendo la más grande al polo positivo.



### Fuentes de corriente independientes

Las fuentes de corriente son aquellas que suministran un flujo de electrones constante al circuito o resistor que se les conecte. Por lo tanto, si cambia el valor del resistor de carga, la fuente aumenta o disminuye el voltaje entre sus terminales, de tal forma, para conservar constante la corriente por esa resistencia.

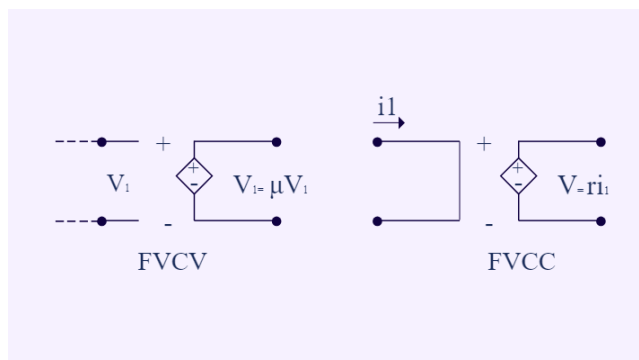
El valor de corriente relacionado por la fuente es constante independientemente del valor de la carga conectada.



## 5.5. Fuentes dependientes

### Fuente de voltaje dependiente

Una fuente de voltaje dependiente o controlada es aquella cuyo voltaje entre sus terminales depende de, o la controlan, un voltaje o una corriente existentes en algún otro lugar del circuito. Una fuente de voltaje controlada por voltaje (FVCCV) es una fuente de voltaje controlada por un voltaje determinado y una fuente de voltaje controlada por corriente (FVCC) es una fuente controlada por una corriente ya establecida.



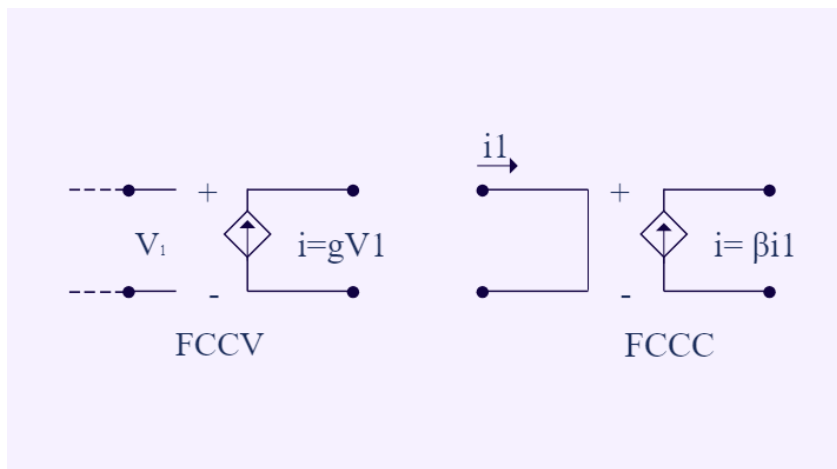
### Fuente de corriente dependiente

Una fuente de corriente dependiente o controlada es aquella cuya corriente depende de un voltaje o una corriente existente en un lugar cualquiera del circuito. Una fuente de corriente controlada por voltaje (FCCV) está controlada por un voltaje determinado y una fuente corriente controlada por corriente (FCCC) está controlada por una corriente ya establecida.

Las cantidades  $\mu$  y  $\beta$  son constantes adimensionales, llamadas habitualmente ganancia en voltaje o corriente respectivamente. Las constantes  $r$  y  $g$  tienen unidades de Ohm y Mho respectivamente.

Las fuentes dependientes son componentes fundamentales en el análisis de circuitos amplificadores. También desempeñan otras funciones, tales como aislar una etapa determinada de un circuito del resto de la red o entregar una resistencia negativa.

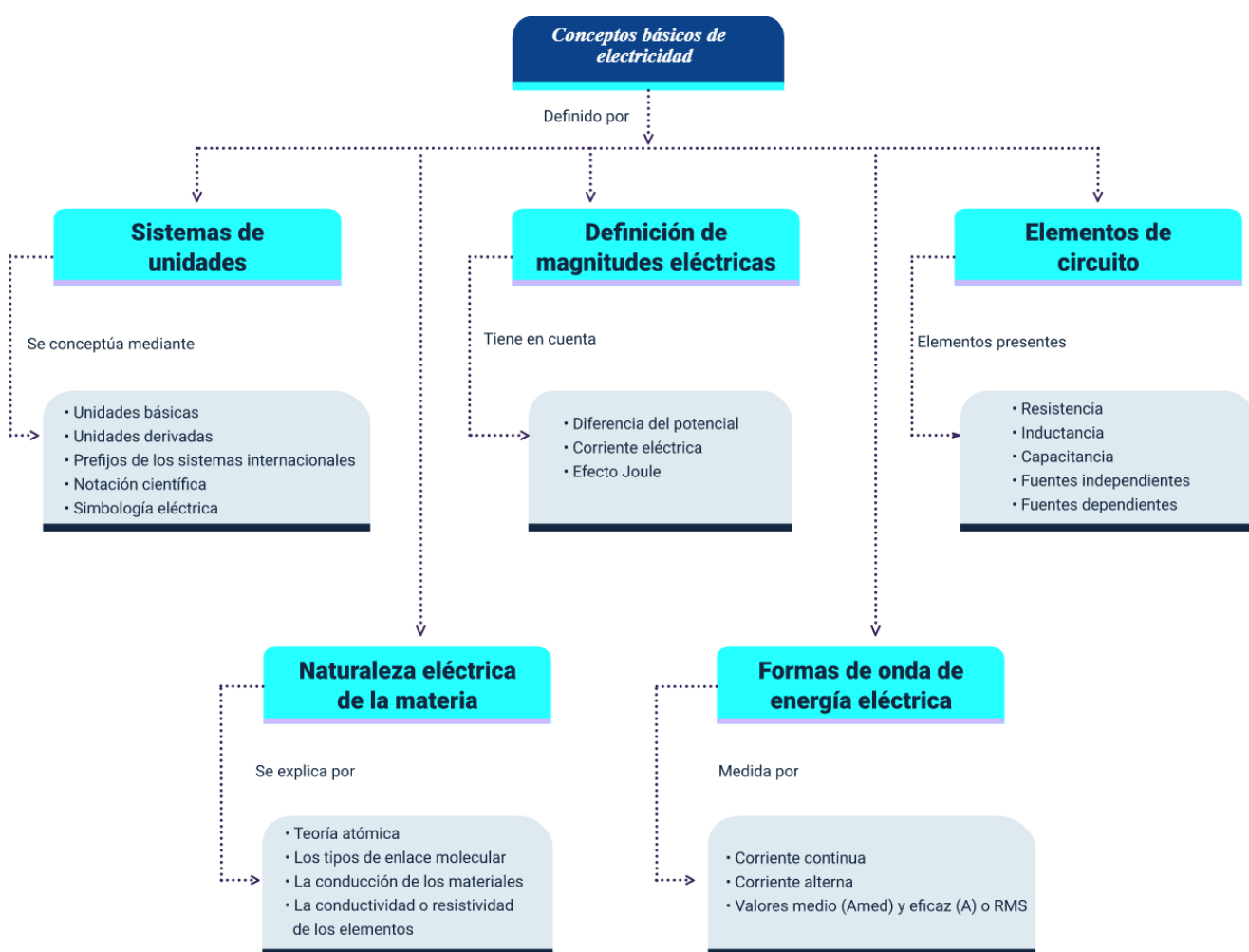
Como se sabe, el resistor es un elemento pasivo con resistencia positiva. Sin embargo, por medio de las fuentes dependientes se pueden fabricar resistencias negativas.



## Síntesis

La electricidad es un conjunto de fenómenos físicos que se producen cuando existe un movimiento de los electrones de los átomos que forman cualquier tipo de materia, que se determina mediante un sistema, teniendo en cuenta sus características propias y los elementos que le componen.

En el siguiente mapa conceptual, podrá observar en detalle cuales son los conceptos relacionados con el tema de la electricidad:





## Material complementario

Tema	Referencia APA del Material	Tipo de material	Enlace del Recurso o Archivo del documento material
<b>1. Sistema de unidades</b>	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC. (1998). Norma Técnica Colombiana NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano. Recuperado el 6 de julio del 2021 de la base de datos biblioteca SENA.	Norma Técnica Colombiana Código Eléctrico Colombiano.	Base de datos SENA
<b>1. Sistema de unidades</b>	Ministerio de Minas y Energía. ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 90708 DE AGOSTO 30 DE 2013	Documento legal	<a href="https://sic.gov.co/sites/default/files/files/reglamentos%20tecnicos/ANEXO%20GENERAL%20RETIE%20Res%2090708%20de%202013%20actualizado%20a%20Res%202017-03-29.pdf">https://sic.gov.co/sites/default/files/files/reglamentos%20tecnicos/ANEXO%20GENERAL%20RETIE%20Res%2090708%20de%202013%20actualizado%20a%20Res%202017-03-29.pdf</a>
<b>1. Sistema de unidades</b>	CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050 NTC 2050	Cartilla	<a href="https://medicert.com.co/docs/NTC-2050.pdf">https://medicert.com.co/docs/NTC-2050.pdf</a>

## Glosario

**Átomo:** es la unidad más pequeña de un elemento químico que mantiene su identidad o sus propiedades.

**Aislante:** material o sustancia que presenta una conductividad eléctrica casi nula, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente ligados al núcleo, evitando su movimiento.

**Amperio o Ampere:** unidad de la intensidad de la corriente eléctrica cuyo símbolo es "A".

**Batería:** fuente del voltaje que convierte energía química en energía eléctrica de Corriente Continua (CC).

**Cable:** en electricidad, alambre con propiedades conductoras de la energía eléctrica. Está formado por uno o varios conductores constituidos a su vez por varios hilos elementales de cobre; también pueden ser de aluminio, pero se utiliza raramente. Todo el metal va protegido por una cubierta aislante flexible y normalmente impermeable.

**Capacitancia:** reactancia capacitiva en la corriente eléctrica. Capacidad que tiene un componente, cuerpo, circuito, etc., para acumular una carga eléctrica.

**Corriente alterna:** es aquella en la que su sentido de movimiento varía con el tiempo y sus valores o magnitudes no permanecen incesantes.

**Corriente continua:** es aquella en la que su valor o magnitud se sitúa constante en el tiempo y sin una dirección variante.

**Corriente eléctrica:** la corriente eléctrica consiste en el movimiento de electrones por unidad de tiempo a través de un conductor eléctrico.

**Energía eléctrica:** se define como la potencia consumida por una instalación eléctrica en un determinado tiempo. Se representa con la letra E. (Naturaeduca.com).

**Importancia de la resistividad:** permite entender qué materiales nos dan mayor y menor resistencia al fluir la corriente, así también conocer el terreno adecuado de la puesta a tierra.

**Inductancia:** reactancia inductiva en la corriente eléctrica. Es una relación entre la cantidad de flujo magnético y la corriente que circula por un inductor o bobina.

**Potencia eléctrica:** volumen de energía que gasta una instalación eléctrica en la unidad de tiempo. Se representa con la letra P.

**Resistividad:** producto que da la multiplicación de la resistencia de un conductor eléctrico por el cociente que resulta de dividir la sección del cable por su longitud.

**Resistencia eléctrica:** es la oposición que ejercen los materiales al movimiento de la corriente eléctrica.

**Semiconductor:** cuerpo no metálico que conduce imperfectamente la electricidad y cuya resistividad disminuye al aumentar la temperatura.

**Tensión alterna:** es aquella en la que su polaridad se modifica con el tiempo y cuya magnitud es cambiante.

**Tensión continua:** su polaridad no se modifica en el tiempo.

**Tensión o Voltaje:** es una fuerza capaz de generar un flujo de electrones.

## Referencias bibliográficas

AREATECNOLOGIA (s.f.). *Condensador Eléctrico*. [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com).  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

BIPM. (s.f.). *The International System of Units (SI): Base units*.  
<https://www.bipm.org/en/measurement-units/si-base-units>

Çengel, Y. A., y Boles, M. A. (2012). *Termodinámica* (Octava ed.). Mc Graw Hill.

Centro Español de Metrología. (2013). *El Sistema Internacional de Unidades*. Centro Español de Metrología (CEM). <https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/SistemaInternacionalUnidades.pdf>

CIENCIA FÁCIL (s.f.). Generador electrostático y botella de Leyden de frasco de película. [www.cienciafacil.com](http://www.cienciafacil.com). <https://www.cienciafacil.com/BotellaDeLeyden.html>

Ciudad Universitaria Virtual de San Isidoro (2014). Estudio de los factores que afectan a la resistencia de un conductor. Práctica virtual. <https://www.cuvsu.com/2014/12/estudio-de-los-factores-que-afectan-la.html>

Freepng.es. (2020). Inductancia de la bobina Electromagnética Choke Inductor Uh - otros Imágen de Png. <https://www.freepng.es/png-9g7ec0/>

Generatuluz. (2021) Corriente alterna y la corriente continua, ¿Cuál es la diferencia? generatuluz. <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/la-corriente-alterna-y-la-corriente-continua/>

Gómez, A. (2020). *Notación Científica Introducción*. Matemáticas profe Alex. [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=qjX4wKUoK7E>

Hayt, W. y Kemmerly, J. (1989). *Análisis de Circuitos en Ingeniería*. Edit.McGraw Hill.

Herasme Medina, E., Gómez Reynoso, C., y González Ramírez, C. (2012). *Física básica: para instituciones de educación superior* (Primera ed.). Impresos Junior's.

<https://www.studocu.com/latam/document/universidad-autonoma-de-santo-domingo/fisica-basica/fisica-basica-para-instituciones-de-educacion-superior/11729833>

Huelsman, L. (1988). *Teoría de Circuitos*. Edit. Prentice Hall.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC. (1998). Norma Técnica Colombiana NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano. Recuperado el 6 de julio del 2021 de la base de datos biblioteca SENA.

Johnson, D., Hilburn, J. y Johnson, J. (1991). *Análisis Básico de Circuitos Eléctricos*. Prentice Hall.

Magallanes Sandoval, J. (2010). Capítulo 13: Capacitancia. mailxmail.com.  
<https://es.scribd.com/document/171341752/CAPITULO-13-CAPACITANCIA-REACTANCIA-CAPACITIVA-Y-CIRCUITOS-CAP-PGS-251-A-274>

Mantilla, G. (1980). *Unidades de medida para electricidad*. SENA.  
<https://hdl.handle.net/11404/1847>

Mantilla, G. (1985). *La ley de Joule*. SENA. <https://hdl.handle.net/11404/1852>

Mantilla, G. (1985). *Fuerza, trabajo y potencia*. SENA.  
<https://hdl.handle.net/11404/1851>

Matemóvil. (2020). *Conversiones con Prefijos del Sistema Internacional de Unidades*. [video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=fYbo4-g7-IY>

Mora, R. (2018, noviembre 4). *Resistencias SMD (smt): cómo interpretar los valores*. [Web log post]. Neclo- Ciencia y cultura al máximo.  
<https://www.negocioscontraobsolescencia.com/taller/resistencias-smd-smt-como-interpretar-los-valores>

Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2013). Resolución Número 90708 de 2013 y anexos. Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia y se dictan otras disposiciones. Agosto 30 de 2013.

<https://sic.gov.co/sites/default/files/files/reglamentos%20tecnicos/ANEXO%20GENERAL%20RETIE%20Res%2090708%20de%202013%20actualizado%20a%20Res%202017-03-29.pdf>

Mora, R. (2018, noviembre 4). Resistencias SMD (smt): cómo interpretar los valores. [Web log post]. Neclo- Ciencia y cultura al máximo.

<https://www.negocioscontraobsolescencia.com/taller/resistencias-smd-smt-como-interpretar-los-valores>

Orjuela Gutierrez, C. (2009, febrero 22)\_ *Tablas de valores* [Web log post]. Fundamentos de electrotécnica. <http://materialesresistivos.blogspot.com/2009/02/tablas-de-valores.html>

SENA. (1995). *Electricidad aplicada: guía de estudio*. SENA, TEL-A-TRAIN. <https://hdl.handle.net/11404/756>

Torres, J. (2021). *Inductancia*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/inductancia>

## Créditos

Nombre	Cargo	Regional
Claudia Patricia Aristizabal	Responsable del Equipo	Dirección General
Norma Constanza Morales Cruz	Responsable de línea de producción	Regional Tolima - Centro de Comercio y Servicios
Linda Patricia Díaz Rivera	Consultora	Global Green Growth Institute (GGGI)
Jaime Peñaloza Trespalacios	Experto Técnico	Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA
Leidy Carolina Arias	Diseñadora instruccional	Centro de diseño y metrología
Carolina Coca Salazar	Revisora metodológica y pedagógica	Regional Distrito Capital - Centro de Diseño y Metrología
Jhon Jairo Rodríguez Pérez	Diseñador y evaluador instruccional	Regional Distrito Capital – Centro para la Industria de la Comunicación Gráfica.
Juan Gilberto Giraldo Cortés	Diseñador instruccional	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
María Inés Machado López	Metodóloga	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
José Yobani Penagos Mora	Diseñador Web	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
Davison Gaitán Escobar	Desarrollador Fullstack	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Junior Rodríguez Rodríguez	Storyboard e Ilustración	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
Nelson Iván Vera Briceño	Producción audiovisual	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
Oleg Litvin	Animador	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
Francisco Javier Vásquez Suarez	Actividad Didáctica	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
Jorge Bustos Gómez	Validación y vinculación en plataforma LMS	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios
Gilberto Naranjo Farfán	Validación de contenidos accesibles	Regional Tolima – Centro de Comercio y Servicios