



INSTITUTO SUPERIOR
UNIVERSITARIO

supe

**GUÍA GENERAL DE ESTUDIO
DE ELECTROTECNIA**



Guía general de estudio de Electrotecnia

René Darío Gualotuña Vargas

Víctor Gonzalo Taco Chala

Lorena Paola Bonifaz Aldaz

2025

Esta publicación ha sido sometida a revisión por pares académicos específicos por:

Docente revisor externa
Nombre del Instituto de Educación Superior

Corrección de estilo:

- Ronny Chaguay

Diseño y diagramación:

- Freddy Javier Centeno Martínez - Docente - Sucre

Editorial RIMANA

Primera Edición
Quito – Ecuador

Instituto Superior Universitario Sucre

ISBN: 978-9942-686-87-9

Esta publicación está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.



MISIÓN

Ser una Institución Superior Universitaria con estándares de calidad académica e innovación, reconocida a nivel nacional con proyección internacional.

VISIÓN

Formamos profesionales competentes con espíritu emprendedor, capaces de contribuir al desarrollo integral del país.

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: Reconocimiento- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No Comercial-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.

Índice

Misión.....	¡Error! Marcador no definido.
Visión.....	¡Error! Marcador no definido.
Principios institucionales:	¡Error! Marcador no definido.
Índice.....	5
Presentación de la asignatura	7
Resultados del aprendizaje.....	7
UNIDAD 1: FENÓMENO ELÉCTRICO	9
Fundamentos Eléctricos	9
Origen de la Corriente Eléctrica.....	10
Sistemas Eléctricos.....	11
El Sistema Internacional de Unidades (SI):.....	12
Unidades de Medidas Eléctricas	12
Conductores y Aislantes Eléctricos	13
Voltaje.....	13
Corriente Eléctrica: Características y Efectos	14
Potencia Eléctrica.....	14
Eficiencia Energética y Sostenibilidad	15
UNIDAD 2: LEY DE OHM, POTENCIA Y ENERGÍA	17
Intensidad de corriente eléctrica	17
El voltaje	17
La resistencia eléctrica	18
Relación voltaje, corriente y resistencia eléctrica	18
Circuitos en serie, paralelo y mixtos.....	20
Ley de Watts.....	27
Potencia y energía	28
UNIDAD 3: LEYES DE KIRCHHOFF	32
Ley de Voltaje de Kirchhoff (KVL).....	32
Ley de Kirchhoff de Corriente (KCL)	35
Pasos para Aplicar la KCL	35

UNIDAD 4: MEDIDAS ELÉCTRICAS	38
Medición de voltaje y corriente.....	38
Tipos de corriente.	39
Referencias Bibliográficas.....	50

Presentación de la asignatura

La electrotecnia básica se enfoca en los principios esenciales y las aplicaciones iniciales de la electricidad. Este ámbito abarca conceptos como los circuitos eléctricos, la ley de Ohm, la corriente continua y alterna, así como la resistencia, capacitancia e inductancia.

En la asignatura de electrotecnia, los estudiantes adquirirán conocimientos teóricos sobre la electricidad y aprenderán a aplicar estos principios en situaciones prácticas. Esto puede incluir el diseño y construcción de circuitos simples, el uso de herramientas y equipos eléctricos básicos, y la solución de problemas relacionados con la electricidad.

En resumen, la electrotecnia proporciona los conocimientos fundamentales necesarios para entender y trabajar con sistemas eléctricos abarcando desde la electrónica básica, la tecnología e ingeniería eléctrica.

Resultados del aprendizaje

Obtiene una comprensión sólida de los conceptos básicos de la electricidad, la ley de Ohm, el voltaje o diferencia de potencial, la intensidad de corriente, la potencia eléctrica, la resistencia, la capacitancia y la inductancia.

Analiza circuitos eléctricos simples con conexión en serie, paralelo y mixtos, incluyendo la determinación de corrientes, voltajes, resistencias equivalentes y potencias.

Aprende sobre las normativas y reglamentos vigentes relacionados con la seguridad eléctrica y el código eléctrico, y pueden aplicar estas normas en el diseño y la instalación de sistemas eléctricos.

Desarrolla habilidades para identificar y resolver problemas eléctricos en circuitos simples, aplicando los principios de la electrotecnia y utilizando técnicas de análisis y resolución de problemas.

Adquiere habilidades prácticas en el uso de instrumentos de medición y equipos eléctricos básicos, como voltímetro, amperímetro, medidor de potencia, telurómetro, cámara termográfica.

UNIDAD 1: FENÓMENO ELÉCTRICO

Fundamentos Eléctricos

La electricidad es una forma de energía que se manifiesta a través de varios fenómenos naturales y aplicaciones humanas. Su importancia radica en la facilidad con la que puede convertirse en otros tipos de energía, como la térmica, lumínica, química y mecánica, entre otras.

Algunos de los fenómenos eléctricos más comunes incluyen:

- **Cargas estáticas:** Este fenómeno ocurre cuando existe un desequilibrio en la distribución de cargas eléctricas en un objeto, resultando en una acumulación de carga estática. Un ejemplo común es la atracción de pequeños objetos por un globo frotado contra el cabello.
- **Corriente eléctrica:** La corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica a través de un conductor. Este fenómeno es esencial en gran parte de las aplicaciones de trabajos eléctricos, desde la iluminación hasta la electrónica de potencia.
- **Efecto térmico:** Cuando una corriente eléctrica atraviesa un material con resistencia eléctrica, la energía se convierte en calor. Este fenómeno se aprovecha en dispositivos como calentadores eléctricos y estufas.
- **Magnetismo:** Está estrechamente relacionado con la electricidad. Cuando una corriente eléctrica circula a través de un conductor, forma un campo magnético alrededor del conductor. Este fenómeno se aplica a motores y generadores eléctricos.
- **Inducción electromagnética:** Este fenómeno se produce cuando sufre un cambio en el flujo magnético a través de un circuito provoca una corriente en el circuito. Es el principio de generadores y transformadores para la creación de electricidad.

- Descargas eléctricas: Las descargas eléctricas son liberaciones rápidas de energía eléctrica. Ejemplos incluyen las descargas atmosféricas durante una tormenta o la descarga generada al tocar un objeto conductor después de frotarlo contra otro objeto de polaridad opuesta.

Importancia y Aplicaciones:

La electricidad es fundamental porque está presente en muchos aspectos de la vida cotidiana, así se la puede encontrar manifestándose para alumbrado, transporte, abastecimiento de agua, ascensores, comunicaciones, industria, medicina, para el funcionamiento de vehículos. La energía eléctrica puede transportarse económicamente a grandes distancias, donde sea conveniente utilizarla mediante las redes eléctricas.

Origen de la Corriente Eléctrica

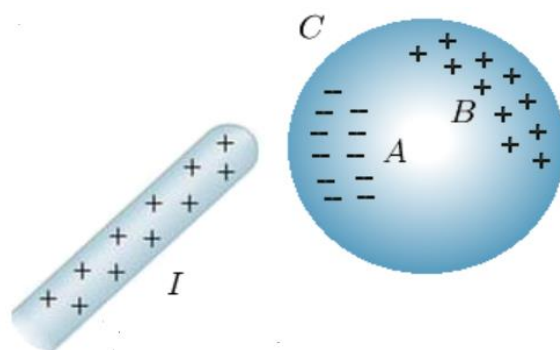
Estructura de la materia:

Se tiene conocimiento que los átomos están formados por un núcleo cargado con electricidad positiva alrededor del cual giran los electrones que tienen carga negativa. Las cargas ordinariamente no presentan efectos eléctricos, pero si se produce la electrización por inducción o contacto se puede alterar el equilibrio entre electrones y protones de tal manera que se puede tener exceso de electrones (carga negativa) o un defecto de electrones (carga positiva).

En general los fenómenos eléctricos pueden clasificarse en dos grupos la Electroestática y la Electrodinámica.

Figura 1.

Inducción electrostática



Fuente: https://colcafe.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/07/carga_por_induccion.png

Nota: La inducción electrostática es una forma de electrización que ocurre en materiales conductores, es decir, en aquellos materiales dentro de los cuales las cargas pueden moverse fácilmente.

La Electrostática abarca el estudio de las reacciones mutuas entre cargas en reposo y adquirir una carga eléctrica sea por inducción o por contacto.

Un cuerpo puede adquirir una carga eléctrica por inducción, cuando no existe un contacto directo entre aquel que se encuentra cargado y el descargado, por ejemplo, al acercar una carga de ebonita (cargado negativamente) a esferas de metal neutras, estas se cargan de tal forma que la esfera próxima a la barra se carga positivamente y la más alejada adquiere una carga negativa como se muestra en la figura 1.

La Electrodinámica se presenta cuando los electrones fluyen por un cuerpo desde un extremo hacia el otro, se genera la electricidad dinámica o corriente eléctrica.

Generación de Corriente Eléctrica:

Cuando la mayor parte del movimiento de los electrones se produce en la misma dirección, de manera que parte del material pierde electrones mientras que la otra parte los gana, el movimiento neto o flujo se denomina flujo de corriente

Sistemas Eléctricos

Evolución Histórica de los Sistemas Eléctricos:

Los sistemas eléctricos han evolucionado desde los primeros experimentos con electricidad estática hasta las complejas redes de distribución de energía de hoy en día. Thomas Edison y Nikola Tesla fueron pioneros en el desarrollo de sistemas de generación y distribución de energía eléctrica.

El Sistema Internacional de Unidades (SI):

Este sistema de unidades reconocido mundialmente para medir cantidades físicas, incluidas cantidades eléctricas como voltaje, corriente y resistencia, instituye un estándar universal para la comunicación y la compensación de datos en el campo eléctrico.

Unidades de Medidas Eléctricas

Magnitudes: Voltaje, Corriente y Resistencia:

- La corriente eléctrica se calcula en amperios (A).
- El voltaje se calcula en voltios (V).
- La resistencia se calcula en ohmios (Ω).

Estas magnitudes están relacionadas por la ley de Ohm ($V = I \times R$), que precisa la relación entre voltaje, corriente y resistencia en un circuito eléctrico.

Ley de Ohm y Aplicaciones:

La ley de Ohm es concluyente para el estudio de circuitos eléctricos, ya que permite calcular voltajes, corrientes y resistencias en distintos circuitos. Esta ley resulta particularmente útil para diseñar y resolver problemas tanto en circuitos simples como complejos.

Conductores y Aislantes Eléctricos

Los conductores eléctricos son materiales que permiten que la corriente eléctrica fluya a través de ellos con facilidad debido a la alta movilidad de electrones en su estructura. Los metales, como el cobre y el aluminio, son ejemplos comunes de buenos conductores.

Los aislantes eléctricos son materiales que ofrecen una elevada resistencia al flujo de corriente eléctrica. Estos materiales bloquean el paso de la corriente y se emplean para prevenir cortocircuitos y descargas eléctricas. Ejemplos de aislantes son el plástico, el vidrio y la cerámica.

Voltaje.

El voltaje, conocido también como diferencia de potencial eléctrico, describe la fuerza que influye sobre las cargas eléctricas en un circuito. Se mide en voltios y refleja la energía potencial por unidad de carga.

Instrumentos de medida: Voltímetros:

Los voltímetros son instrumentos utilizados para medir el voltaje en circuitos eléctricos. Se conectan en paralelo al circuito o componente que se desea evaluar, ofreciendo mediciones precisas del voltaje.

Corriente Eléctrica: Características y Efectos

La corriente continua (CC) se caracteriza por el flujo constante de la carga eléctrica en una sola dirección, nos así, la corriente alterna que cambia de dirección de una forma periódica. La corriente alterna es muy utilizada hoy en día en aplicaciones eléctricas a todo nivel de voltaje.

Potencia Eléctrica

La potencia eléctrica se define como la cantidad de energía eléctrica transferida por unidad de tiempo y se expresa en vatios (W). La potencia activa es la porción de la potencia que se usa ciertamente para realizar trabajo útil en un circuito. La potencia reactiva es la porción de la potencia por la interacción de la corriente y la capacitancia o inductancia del circuito, sin realizar ningún trabajo útil (Var). La potencia aparente es una combinación de la potencia activa y reactiva y se cuantifica en voltio-amperios (VA).

Potencia Activa (P):

$$P = V * I * \cos\varphi \text{ (W)}$$

Potencia Aparente (S):

$$S = V \times I \text{ (VA)}$$

Potencia Reactiva (Q):

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ (VAR)}$$

Figura 2

Triángulo de Potencias



Fuente: <https://blog.sunwise.io/factor-de-potencia-que-es-y-como-se-calcula/>

Ejercicio de aplicación

Un horno resistivo eléctrico que opera con una corriente de 20 amperios a un voltaje de 240 voltios. Determinar la potencia consumida por el horno.

Utilizando la fórmula de potencia: $P = V * I * \cos\phi$ (W), se puede calcular la potencia, hay que tomar en cuenta que el $\cos\phi = 1$ porque el ángulo ϕ es igual a cero.

$$P = 240 * 20 = 4800 \text{ W}$$

Por lo tanto, el horno eléctrico consume 4800 vatios de potencia.

Relación entre Potencia y Energía

La energía eléctrica es la capacidad de realizar trabajo y se mide en julios (J). La energía consumida por un dispositivo eléctrico es el producto de la potencia del dispositivo y el tiempo durante el cual está en funcionamiento. Esta relación se expresa mediante la fórmula:

$$E = P * t \text{ (J)},$$

donde

$$E = \text{Energía (J)}$$

$$P = \text{Potencia (W)}$$

$$t = \text{tiempo (s)}$$

Eficiencia Energética y Sostenibilidad

La eficiencia energética se refiere a la relación entre la cantidad de energía utilizada para realizar una tarea específica y la cantidad de energía total disponible.

Incrementar la eficiencia energética es fundamental para disminuir el uso de energía y fomentar la sostenibilidad.

Ejercicio de aplicación

Si una bombilla consume 60 W de potencia y está encendida durante 5 horas, se puede calcular la energía eléctrica consumida.

La energía eléctrica generalmente se expresa en vatios por hora, por lo que al insertar los valores indicados en la fórmula creada, tenemos:

$$E = P * t (J) \qquad E = 60 * 5 = 300 (J)$$

Por lo tanto, la energía eléctrica consumida sería de 300 (J).

UNIDAD 2: LEY DE OHM, POTENCIA Y ENERGÍA

Intensidad de corriente eléctrica

El concepto de corriente eléctrica implica el desplazamiento de electrones. Para que este movimiento ocurra, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Disponer de un voltaje o energía que impulse a los electrones para hacerlos fluir.
- Contar con un circuito eléctrico completo que incluya los componentes pasivos (resistencias, inductancias, capacitancias), activos (fuentes de corriente continua o alterna) y los cables conductores necesarios para permitir el flujo de electrones. (González, 2002).
- La unidad de medida para indicar la cantidad de corriente eléctrica es el Ampere o Amperio.

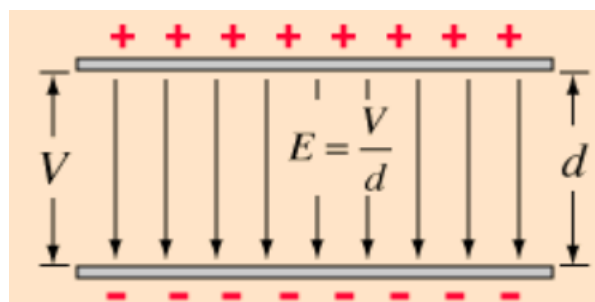
El voltaje

Es la energía eléctrica necesaria para iniciar el movimiento de los electrones en un circuito, suministrada por pilas, baterías o generadores eléctricos. La unidad de medida del voltaje en un circuito es el voltio. (González, 2002).

El voltaje también se define como el trabajo necesario para desplazar la unidad de carga eléctrica positiva de un punto al otro en contra o a favor de las fuerzas del campo eléctrico.

Figura 3.

Campo eléctrico constante entre placas paralelas.



Fuente: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/elewor.html>

Nota: Ejemplo de la relación de campo eléctrico trabajo y voltaje

La resistencia eléctrica

En un circuito es la oposición que presenta el material al paso del flujo de electrones o corriente eléctrica. La unidad de medida es el Ohm, representada también con la letra griega omega (Ω) y se define diciendo que es la resistencia que permite el paso de una corriente de intensidad de un amperio cuando se aplica un voltaje de un voltio, entre los terminales de dicha resistencia.

En la práctica, a menudo es necesario trabajar con cantidades más grandes, como en sistemas de transmisión de energía eléctrica, o más pequeñas, como en electrónica. Para esto, se utilizan múltiplos y submúltiplos de las unidades de medida.

Tabla 1.

Múltiplos y submúltiplos de las unidades de voltaje, corriente y resistencia eléctrica.

Unidad de medida	Múltiplo	Abreviatura	Valor	Submúltiplo	Abreviatura	Valor
Voltio	Kilo voltio	kV	1000 V	Milivoltio	mV	0,001 V
Voltio	Mega voltio	MV	1000000 V	Microvoltio	μ V	0,000001
Amperio	Kilo amperio	kA	1000 A	Miliamperio	mA	0,001 A
Ohmios	Kilo ohmios	k Ω	1000 Ω	Mili ohmios	m Ω	0,001 Ω

Relación voltaje, corriente y resistencia eléctrica

La ley de Ohm crea la relación entre los parámetros de voltaje, corriente y resistencia eléctrica en un circuito eléctrico. Según esta ley, mientras la temperatura permanezca

constante, la corriente que circula por el circuito aumenta en proporción al voltaje aplicado y disminuye en proporción inversa a la resistencia del circuito.

$$\text{Intensidad de Corriente eléctrica (I) (A)} = \frac{\text{Voltaje (V)}}{\text{Resistencia eléctrica } (\Omega)} \quad \text{Ecuación. 1}$$

Según esta interpretación de la ley de Ohm, si se conoce el voltaje y la resistencia eléctrica, es posible calcular la corriente eléctrica. De manera análoga, si se tiene información sobre la resistencia eléctrica y la corriente, se puede determinar el voltaje. En resumen, teniendo conocimiento de dos de estos valores, es factible calcular el tercero.

$$R (\Omega) = \frac{\text{Voltaje (V)}}{\text{Intensidad de corriente (A)}}$$

$$V (V) = I(A) \times R(\Omega)$$

Ejercicios de aplicación:

Ejercicio 1.

Una parrilla eléctrica tiene una resistencia de 25 ohmios y se le aplica un voltaje de la red de abastecimiento eléctrico de 120 voltios. Calcular la corriente que circula por dicha parrilla.

Desarrollo:

Aplicando la Ec.1 se tiene:

$$I (A) = \frac{V (V)}{R(\Omega)} = \frac{120 V}{25 \Omega} = 4,80 A.$$

4,80 amperios pasan por la parrilla eléctrica.

Ejercicio 2.

Se utiliza un voltaje de 12 V y circula una corriente de 3 A para calcular la resistencia eléctrica de la lámpara del automóvil.

Desarrollo:

De la ecuación 1:

$$R (\Omega) = \frac{V (V)}{I (A)} = \frac{12 V}{3 A} = 4 \Omega$$

La lámpara tiene una resistencia de 4Ω .

Ejercicio 3.

Se quiere calcular el voltaje que se suministra a un circuito eléctrico en el que fluye una corriente de 100 A y la carga tiene una resistencia de 20 ohmios .

Desarrollo:

De la ecuación 1, despejamos el valor del voltaje:

$$V (V) = I(A) \times R(\Omega) = 100 \text{ A} * 20 \Omega = 2000 \text{ V o } 2,0 \text{ kV}$$

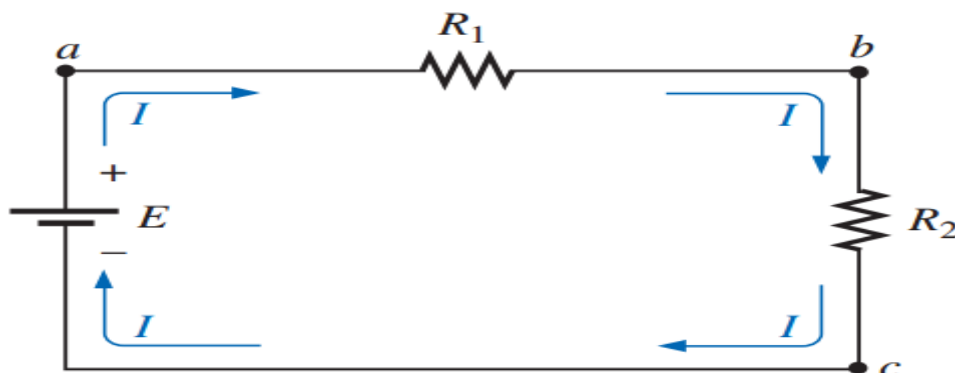
Circuitos en serie, paralelo y mixtos

Las resistencias en un circuito eléctrico pueden ser conectadas en serie, en paralelo o en una combinación de ambas, conocida como circuito mixto.

Circuitos serie

En los circuitos eléctricos se puede tener una o más cargas o resistencias, dependiendo del diseño y construcción del mismo, se dice que las cargas de un circuito se encuentran conectados en serie cuando se colocan una a continuación de otra ofreciendo al menos una ruta cerrada por la cual puede fluir la corriente eléctrica (Boylestad, 2004).

Figura 4.
Circuito serie



Fuente: Boylestad, R. (2004). Introducción al Análisis de Circuitos. Pearson Educación.

México.

Nota: La figura 4 muestra una fuente de voltaje conectada en serie, también las resistencias R1 y R2 se encuentran conectadas en serie.

Una rama es cualquier segmento del circuito que cuente con uno o más elementos en serie.

En la figura 4, la resistencia R1 forma una rama del circuito, la resistencia R2 la otra.

Para calcular los parámetros eléctricos utilizando la ley de Ohm, se establece la resistencia total o equivalente (R_{eq}), que pertenece a la sumatoria de los valores de resistencia de las resistencias acopladas en serie en el circuito.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad \text{Ecuación 2}$$

Una vez que se tiene la resistencia total o equivalente, se puede calcular la corriente eléctrica que pasa por el circuito utilizando la ley de Ohm.

$$I (A) = \frac{V (V)}{R_{eq} (\Omega)}$$

Dado que la corriente eléctrica es constante a través de cada resistencia en la figura 4, se puede computar el voltaje directamente en cada una usando la ley de Ohm, como se expone en la siguiente ecuación:

$$V_1 = IR_1, V_2 = IR_2, \dots \dots \dots V_n = IR_n$$

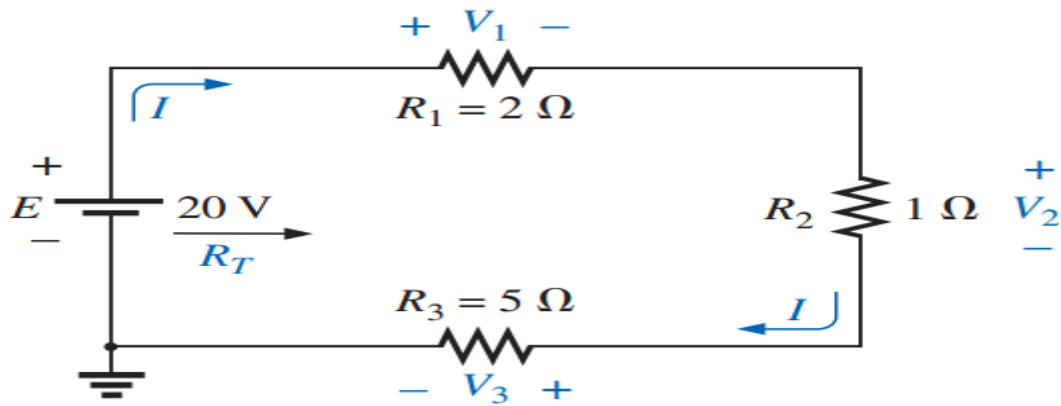
Ejercicios de aplicación:

Ejercicio 1:

Tres resistencias se conectan en serie según se ilustra en la figura 5, con valores de 2Ω , 1Ω y 5Ω , a una fuente de 20 V. Se solicita calcular la resistencia equivalente, la corriente total y los voltajes en cada resistencia.

Figura 5

Ejercicio de resistencias conectadas en serie



Fuente: Boylestad, R. (2004). Introducción al Análisis de Circuitos. Pearson Educación.

México

Desarrollo:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 2\Omega + 1\Omega + 5\Omega = 8\Omega$$

$$I(A) = \frac{V(V)}{R_{eq}(\Omega)} = \frac{20V}{8\Omega} = 2,5A$$

$$V_1 = IR_1 = 2,5(A) * 2\Omega = 5(V), \quad V_2 = IR_2 = 2,5(A) * 1\Omega = 2,5(V),$$

$$V_3 = IR_3 = 2,5(A) * 5\Omega = 12,5(V).$$

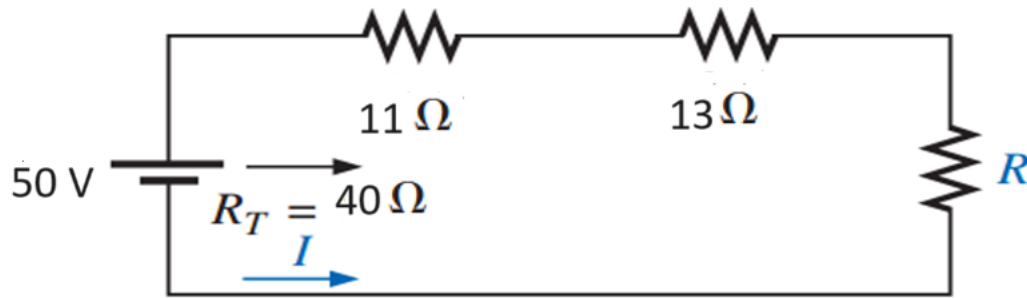
Ejercicio 2:

En el circuito mostrado en la figura 6, se debe determinar el valor de la corriente eléctrica, el voltaje en cada una de las resistencias y el valor de la resistencia R, dado que la resistencia equivalente total es de 30 ohmios.

Desarrollo:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R \rightarrow R = R_{eq} - (R_1 + R_2) = 30\Omega - (10\Omega + 12\Omega) = 8\Omega$$

Figura 6
Ejercicio de resistencias



Fuente: Boylestad, R. (2004). Introducción al Análisis de Circuitos. Pearson Educación. México

La resistencia R tiene un valor de 16 Ω.

$$I (A) = \frac{V (V)}{R_{eq} (\Omega)} = \frac{50 V}{40 \Omega} = 1,25 A$$

La corriente eléctrica que circula a través del circuito es de 1,25 A.

$$V_1 = IR_1 = 1,25(A) * 11\Omega = 13,75 (V), \quad V_2 = IR_2 = 1,25(A) * 13\Omega = 16,25 (V) ,$$

$$V_3 = IR_3 = 1,25 (A) * 16 \Omega = 20 (V).$$

Igualmente, el voltaje total entregado por la fuente es igual a la sumatoria de los voltajes en cada una de las resistencias, lo cual se expresa de la siguiente manera:

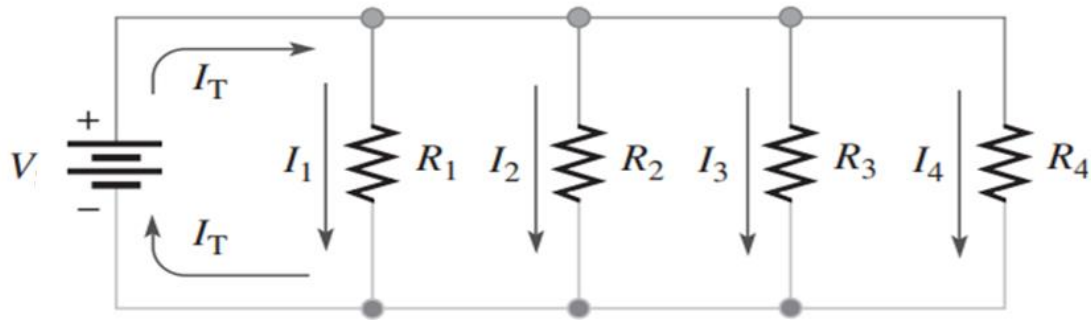
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 13,75 (V) + 16,25 (V) + 20 (V) = 50 (V)$$

La cantidad de 50 voltios pertenece al voltaje de la fuente de la figura 6.

Circuitos en paralelo

Cuando se conectan dos o más resistencias entre dos puntos diferentes, se conectan en paralelo entre sí. Los circuitos paralelos proporcionan múltiples caminos para que fluya la corriente.

Figura 7.
Circuito en paralelo.



Fuente: Floyd, T. (2007). Principios de Circuitos Eléctricos. Pearson Educación, México

En un circuito en paralelo, el voltaje en cada camino es igual al voltaje total del circuito.

Cada camino que puede tomar la corriente en dicho circuito se llama rama. (Floyd, 2007)

Cada camino en un circuito a través del cual fluye corriente se llama rama, y un circuito paralelo es un circuito que contiene varias de estas ramas. En la figura 7, se indica cuatro resistencias conectadas en paralelo, donde la corriente que sale de la fuente I_T se divide al llegar a los puntos, conocidos como nodos; de esta forma, I_1 pasa por R_1 , I_2 por R_2 , I_3 por R_3 e I_4 por R_4 . Todos los puntos o nodos en la parte superior del circuito poseen el mismo voltaje, dado que están eléctricamente conectados como un único punto.

La corriente total I_T en un circuito donde las resistencias están conectadas en paralelo es igual a la sumatoria de las corrientes que circulan en cada rama del circuito eléctrico.

En la figura 7 por ejemplo:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots + I_n$$

Cuando las resistencias se conectan en paralelo, la resistencia total o resistencia equivalente en el circuito menora y siempre es inferior que la resistencia mínima.

El voltaje V de la fig. 7 a través de cada una de las resistencias en paralelo, acorde a la ley de

Ohm, $I_1 = \frac{VS}{R_1}$, $I_2 = \frac{VS}{R_2}$, $I_3 = \frac{VS}{R_3}$, $I_4 = \frac{VS}{R_4}$, y así sucesivamente. Por sustitución en la

ecuación para corriente se tiene:

$$\frac{VS}{R_{eq}} = \frac{VS}{R_1} = \frac{VS}{R_2} = \frac{VS}{R_3} = \frac{VS}{R_4} + \dots + \frac{VS}{R_n}$$

Ecuación 3

El término V puede ser factorizado en el lado derecho de la ecuación y se elimina con V del lado izquierdo, dejando únicamente los términos de resistencia.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{Ecuación 4}$$

Resolviendo para la Resistencia equivalente o total (R_{eq}) al tomar el recíproco de (es decir, invirtiendo) ambos lados de la ecuación se tienen:

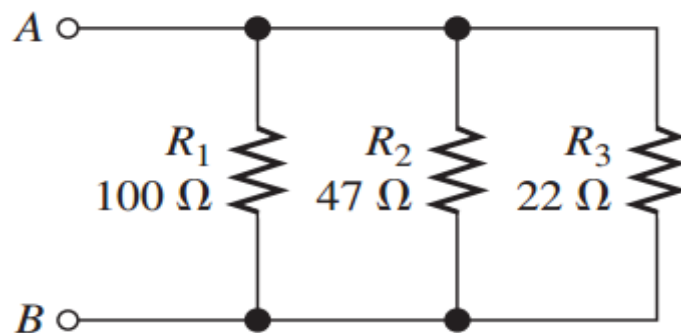
$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Ejercicios de aplicación circuitos en paralelo:

Ejercicio 1:

Determinar la resistencia total o equivalente del circuito mostrado en la figura 8 entre los puntos A y B.

Figura 8.
Resistencias en paralelo



Fuente: Floyd, T. (2007). Principios de Circuitos Eléctricos. Pearson Educación, México

Desarrollo:

Usando la ecuación previamente desarrollada para encontrar la resistencia equivalente, se obtiene:

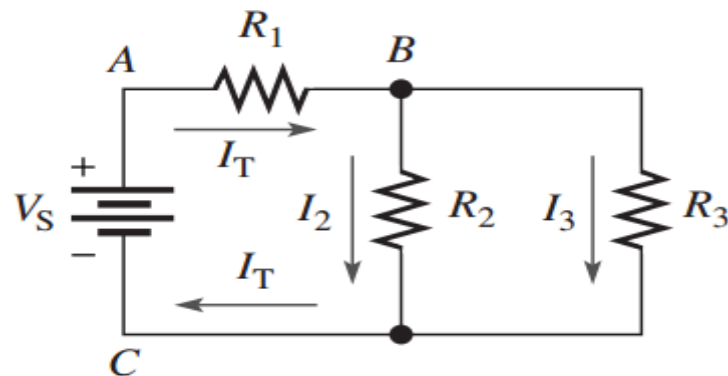
$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{47\Omega} + \frac{1}{22\Omega}} = \frac{1}{0,01 + 0,021 + 0,045} = \frac{1}{0,076} = 13,15\Omega$$

Circuitos mixtos

Un circuito mixto es aquel que contiene tanto circuitos en serie como en paralelo. Para aplicar la ley de Ohm, es necesario reducir el circuito a una única resistencia total o equivalente.

Es crucial identificar cómo están organizados los componentes según sus conexiones en serie y en paralelo.

Figura 9
Circuito mixto



Fuente: Floyd, T. (2007). Principios de Circuitos Eléctricos. Pearson Educación, México

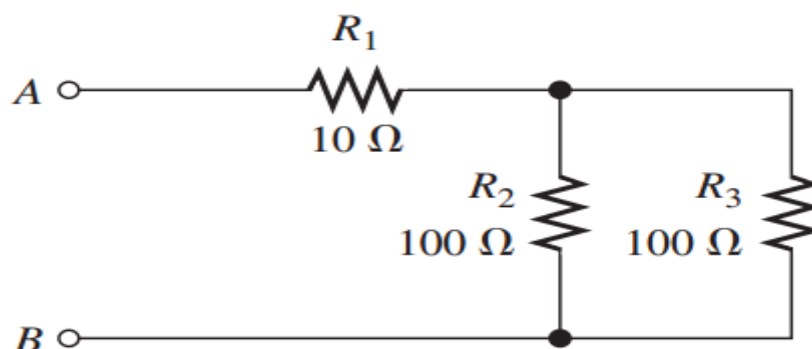
En la figura 9 se conecta un voltaje V_S a un circuito, la corriente total atraviesa R_1 en serie y se divide en el punto B hacia las dos ramas en paralelo. Estas corrientes de rama se vuelven a combinar y la corriente total vuelve a entrar en la terminal negativa de la fuente.

Ejercicios de aplicación:

Ejercicio 1:

Calcular la resistencia total o equivalente del circuito de la figura 10.

Figura 10
Circuito mixto



Desarrollo:

En primer lugar, calcular la resistencia en paralelo equivalente de R2 y R3.

$$Req_{2/3} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{100\Omega}} = \frac{1}{0,01 + 0,01} \Omega = \frac{1}{0,02} \Omega = 50\Omega$$

Como R1 está en serie con Req1/2, se debe sumar sus valores como sigue:

$$Req = R_1 + Req_{2/3} = 10\Omega + 50\Omega = 60\Omega$$

La resistencia total o equivalente es igual a 60 Ω

Ley de Watts

La Ley de Watt se refiere a la potencia eléctrica utilizada por dispositivos eléctricos o electrónicos. Esta se define como la cantidad de energía (tanto térmica como mecánica) generada por un componente al transferir energía eléctrica, es decir, la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un componente en un período específico. La potencia eléctrica en un circuito es proporcional directamente al voltaje aplicado y a la corriente que fluye, y se suele representar con la letra P o W.

$$P = W = V I \text{ (Watt)}$$

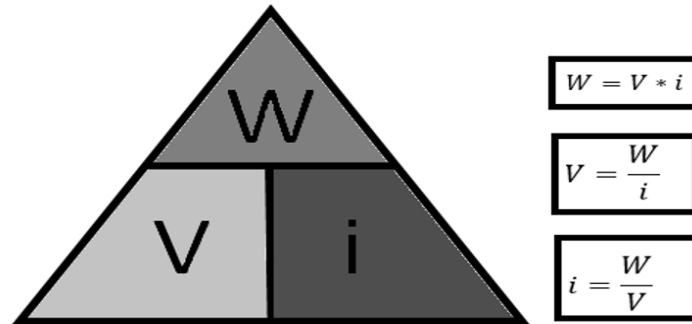
Ecuación 5

Las unidades empleadas en la ecuación que describe la ley de watt son: La Potencia (W) tiene como unidad el Vatio o Watt y se representa con (W) La unidad del voltaje (V) es el voltio y se representa como (V) La unidad de la corriente (I) es el amperio y se representan con (A).

El método nemotécnico para recordar esta ley y sus diferentes ecuaciones se representan en la siguiente figura 11.

Figura 11

Ecuaciones de la Ley de Watt



Fuente: <https://ecuacionde.com/ley-de-watt/>

Ejercicios de aplicación:

Ejercicio 1.

Calcule la potencia activa de un motor eléctrico que tiene una alimentación de 48 V. y una corriente de 2 A.

Desarrollo:

$$P = W$$

$$P = V I = 48 (V) * 2 (A)$$

$$P = 96 (W).$$

Potencia y energía

Si una corriente eléctrica atraviesa un circuito resistivo, la energía eléctrica se transforma en calor o en alguna otra forma de energía, como energía lumínica. Un ejemplo es una lámpara incandescente que se calienta a una temperatura alta como para tocarlo. La corriente pasa por un filamento de tungsteno que produce luz, también produce un calentamiento no deseado porque el filamento tiene un valor de resistencia. Todos los componentes eléctricos deben tener la capacidad de disipar una cantidad de energía en un tiempo determinado con el fin de no dañarse. (Floyd, 2007).

La energía por otro lado es la capacidad que tiene un elemento de realizar un determinado trabajo, y la potencia es la relación entre la energía y el tiempo. (Floyd, 2007).

Por tanto:

$$P = \frac{E(J)}{t(s)} (W)$$

Ecuación 6

donde:

P = potencia en watts (W)

E = energía en joules (J)

t = tiempo en segundos (s)

El Joule es la unidad en el SI de energía (Floyd, 2007).

El watt o vatio es la cantidad de potencia cuando se utiliza un joule de energía durante el tiempo de un segundo (Floyd, 2007).

Ejercicios de aplicación:

Ejercicio 1:

Si se utiliza una energía igual a 200 Joule en un tiempo de 5 segundos. ¿Cuál es la potencia en watts?

Desarrollo:

$$P = \frac{E(J)}{t(s)} (W) = \frac{200 J}{5 s} = 40 \text{ watt}$$

Ejercicio 2.

Si se conecta 100 watts o vatios de potencia en una carga durante un tiempo de 30 segundos, ¿cuánta energía en joules se utilizó?

Desarrollo:

$$P = \frac{E(J)}{t(s)} (W) \rightarrow E (J) = P(W) * t(s) = 100 W * 30 s = 3000 J.$$

El joule se ha definido como una unidad de energía. Pero existe otra forma de expresar la energía. Si la potencia se expresa en watts y el tiempo en segundos, se pueden utilizar unidades de energía llamadas vatio-segundo (W-s), vatio-hora (W-h), y kilovatio-hora (kW-h) (Floyd, 2007).

Las empresas de distribución de energía eléctrica usan para las transacciones comerciales de energía, el kilowatt-hora (kWh). El consumo de un kilowatt-hora de energía es igual a mil watts durante una hora. Por ejemplo, una lámpara de 100 W que permanezca encendida durante 10 h consume 1 kWh de energía.

$$E = P \times t = 100 \text{ W} \times 10 \text{ h} = 1000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$$

Ejercicio 2

Una lámpara de 250 W opera con un voltaje de 120 V y permanece encendida durante 12 horas. Calcular la corriente que requiere para funcionar y la energía que consume en ese tiempo la lámpara.

Desarrollo:

Aplicando la ley de Watt:

$$P = V \times I \quad \rightarrow \quad I = \frac{P(W)}{V(V)} = \frac{250 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 2,08 \text{ A.}$$

$$E = P \times t = 250 \text{ W} \times 12 \text{ horas} = 3000 \text{ Wh} = 3,0 \text{ kWh}$$

Repaso de la unidad 2:

1. Se conectan en serie seis (6) resistencias de 50 Ω , ocho (8) resistencias de 100 Ω , y dos de 25 Ω . Determinar la resistencia total.
2. Cuando se conecta dos resistencias en serie con una tercera resistencia en serie, la resistencia total:
 - (a) permanece igual
 - (b) aumenta
 - (c) disminuye
 - (d) aumenta en un tercio
3. Indique si es falso o verdadero la siguiente aseveración: Las resistencias en paralelo se conectan entre dos puntos distintos.

4. En un circuito se conectan en serie tres resistencias con valores de $100\ \Omega$, $200\ \Omega$, y $150\ \Omega$. La resistencia total es:
 - (a) menor que $100\ \Omega$
 - (b) el promedio de los valores de las resistencias
 - (c) de $550\ \Omega$
 - (d) de $450\ \Omega$
5. Indique si es falso o verdadero la siguiente aseveración: Un circuito en paralelo tiene más de una trayectoria para la corriente que circula entre dos puntos dados.
6. ¿La resistencia total o equivalente disminuye con más resistencias en paralelo?
7. ¿La resistencia total o equivalente en paralelo es menor que la más pequeña resistencia de rama?
8. Si se conectan varias lámparas en paralelo y una de las lámparas se abre (funde), ¿los otros seguirán encendidos?
9. Defina el término potencia
10. Defina el término watt
11. Escriba la fórmula para el tiempo en función de la potencia y energía
12. Si utiliza $150\ \text{W}$ de potencia durante un día, ¿cuánta energía en kWh consume

Ejercicios propuestos:

1. ¿Cuánta energía (en kilowatts-hora) se requiere para mantener encendido un foco de $60\ \text{W}$ continuamente durante 1 año (365 días)?
2. ¿Cuánto tiempo puede una televisión de $200\ \text{W}$ permanecer encendida antes de utilizar más de $4\ \text{kWh}$ de energía?
3. ¿Cuál es la caída de voltaje en una resistencia de $6\ \Omega$, si la corriente que transporta es de $2,5\ \text{A}$?

4. ¿Cuánta resistencia se requiere para limitar la corriente a 1,5 mA si el voltaje en la resistencia es de 6 V?

UNIDAD 3: LEYES DE KIRCHHOFF

Las leyes de Kirchhoff son fundamentales en el análisis de circuitos eléctricos y están compuestas por dos principios o leyes fundamentales:

Ley de Voltaje de Kirchhoff (KVL)

Esta ley, también conocida como ley de redes, establece que la suma de las caídas de voltaje en un circuito cerrado es igual a la suma de los voltajes individuales de cada componente.

En resumen, la suma algebraica de todas las diferencias de potencial (voltajes) a lo largo de cualquier camino cerrado en un circuito es cero. (Tacca, 2020).

La Ley del Divisor de Voltaje (LDV) surge como una consecuencia de la Ley de Voltaje de Kirchhoff (LKV). En un circuito en serie compuesto por dos o más resistencias, la corriente es

constante a través de cada elemento. Por lo tanto, las caídas de voltaje total se distribuyen entre las resistencias en proporción a sus valores individuales. Esto implica que las resistencias con valores más altos tendrán caídas de voltaje mayores y se llevarán una proporción mayor del voltaje total aplicado al circuito en serie (Fiore, 2023).

$$V1 = \frac{R1}{R1 + R2} \times V_{Total}$$

Donde:

V1 = Voltaje en la Resistencia 1

R1 = Resistencia 1

R2 = Resistencia 2

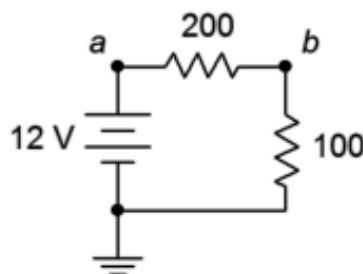
V_{Total} = Voltaje total aplicado al circuito

Ejercicio 1

Determinar el voltaje V_b (es decir, el voltaje a través de la resistencia de 100 Ω) en el circuito de la Figura 12. También determinar la corriente que circula en el circuito (Fiore, 2023).

Figura 12

Ejercicio 1



Fuente: Fiore, J. (2023). DC Electrical Circuit Analysis a Practical Approach

Desarrollo:

Se encuentra una única fuente de voltaje que genera una corriente en sentido horario a través de ambas resistencias. La fuente proporciona un voltaje de 12 voltios.

Inmediatamente, se calcula la resistencia total del circuito y, usando la ley de Ohm, se computa la corriente que fluye a través del circuito (Fiore, 2023).

La resistencia total será:

$$R_T = R_1 + R_2$$

Reemplazando los valores de las resistencias:

$$R_T = 200\Omega + 100\Omega$$

$$R_T = 300\Omega$$

Aplicando la ley de Ohm, la corriente será:

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

Reemplazando los valores:

$$I = \frac{12V}{300\Omega}$$

$$I = 40mA = 0,04 A$$

El voltaje es:

$$V_b = I \times R$$

$$V_b = 0,04 (A) \times 100\Omega$$

$$V_b = 4V$$

Otra solución es encontrar el voltaje en la resistencia utilizando la regla del divisor de voltaje. Mediante la ley de Ohm (Fiore, 2023).

$$V_b = V_{Total} \left(\frac{R_2}{R_T} \right)$$

Ecuación 7

Donde:

V_b = voltaje en el punto b en voltios (V)

V_{Total} = voltaje de la fuente en voltios (V)

R_2 = resistencia 2 en ohmios (Ω)

R_T = resistencia total o equivalente en ohmios (Ω)

Ley de Kirchhoff de Corriente (KCL)

Esta ley establece que la suma algebraica de las corrientes eléctricas que entra en un nodo (o un punto de conexión) es igual a la suma total de las corrientes que salen del mismo nodo. En otras palabras, la cantidad total de corriente que entra al nodo debe ser igual a la cantidad total de corriente que sale (Fiore, 2023).

Pasos para Aplicar la KCL

La aplicación de la Ley de Corriente de Kirchhoff se realiza mediante una metodología, que se describe como:

- Identificar los nodos presentes en el circuito.
- Seleccionar un nodo de referencia, también conocido como nodo de tierra.
- Escribir la ecuación KCL para cada nodo, excepto el nodo de referencia.
- Resolver el sistema de ecuaciones resultante utilizando métodos matemáticos, como la eliminación de Gauss o la matriz inversa, para encontrar las corrientes desconocidas (Fiore, 2023).

$$\sum I \rightarrow = \sum I \leftarrow$$

Ecuación 8

donde:

$\sum I \rightarrow$ = sumatoria de corrientes que entran en amperios (A)

$\sum I \leftarrow$ = sumatoria de corrientes que salen en amperios (A)

La Regla del Divisor de Corriente (CDR), así como los circuitos en serie siguen la regla del divisor de voltaje, los circuitos en paralelo siguen la regla del divisor de corriente que

establece que la corriente se divide en proporción inversa a la resistencia, es decir, en proporción directa a la conductancia. Esto se puede reducir a una fórmula simple cuando solo están involucradas dos resistencias. Considerar dos resistencias en paralelo, R_1 y R_2 , alimentadas por una corriente, I_{Total} . Primero, notamos que el voltaje a través del par debe ser igual a la corriente entrante multiplicada por la resistencia efectiva del par (Fiore, 2023).

$$I_x = I_{Total} \left(\frac{R_y}{R_x + R_y} \right)$$

Ecuación 9

donde:

I_x = corriente de x en amperios (A)

I_{Total} = corriente total en amperios (A)

R_x = resistencia x en ohmios (Ω)

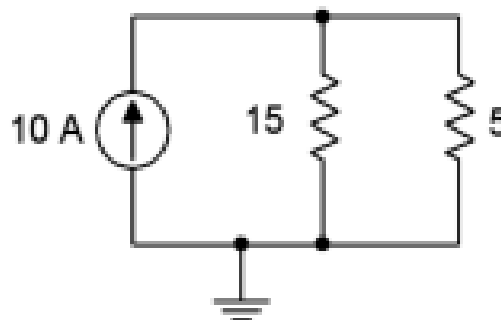
R_y = resistencia y en ohmios (Ω)

Ejercicio 2

Determine la corriente del circuito de la figura 13 a través de cada resistencia. Aplicando la regla del divisor de corriente se puede encontrar las corrientes a través de las dos resistencias conectadas en paralelo. La corriente total que entra al nodo es de 10 amperios.

Figura 13

Ejercicio 2

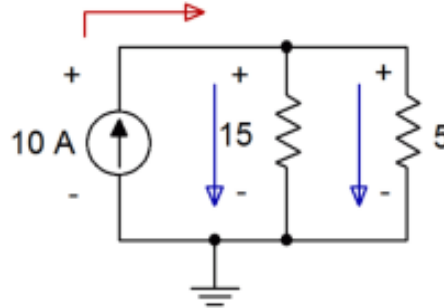


Fuente: Fiore, J. (2023). DC Electrical Circuit Analysis A Practical Approach

Desarrollo:

Figura 14

Dirección de corrientes por el circuito



Fuente: Fiore, J. (2023). DC Electrical Circuit Analysis a Practical Approach

$$I_{R1} = I_{Total} \left(\frac{R2}{R1 + R2} \right)$$

$$I_{15} = 10A \left(\frac{5\Omega}{15\Omega + 5\Omega} \right)$$

$$I_{15} = 2.5A$$

$$I_{R2} = I_{Total} \left(\frac{R1}{R1 + R2} \right)$$

$$I_5 = 10A \left(\frac{15\Omega}{15\Omega + 5\Omega} \right)$$

$$I_5 = 7.5A$$

Ejercicios propuestos:

Utilizar la Ley de Kirchhoff para encontrar los voltajes en cada uno de los componentes del circuito que contiene tres resistencias en serie, con cantidades de resistencia de 10 Ω, 15 Ω y 20 Ω, alimentado por una fuente de voltaje de 40V.

Emplear la Ley de Kirchhoff para calcular las corrientes en las ramas de un circuito con tres ramas en paralelo, que contienen resistencias de 8 Ω, 12 Ω y 24 Ω, alimentadas por una fuente de voltaje de 24V.

UNIDAD 4: MEDIDAS ELÉCTRICAS

Medición de voltaje y corriente

Medición de intensidad de corriente

La intensidad de corriente se mide colocando el instrumento sobre la línea (fase) a la cual se desea medir. El instrumento se debe colocar en serie con la carga, es decir, se conecta el instrumento sobre el mismo cable. Para medir corriente se utiliza el instrumento llamado Amperímetro, el cual puede ser de tipo analógico o digital como se muestra en la figura 15.

Figura 15
Tipos de amperímetros



Nota: a: Amperímetro de panel analógico

b: Amperímetro de panel digital

Fuente: Díaz, S. (2013). Medición y Análisis de Circuitos Eléctricos. Centro de educación Técnico Profesional. Pág. 10.

Tipos de corriente.

El voltaje es la causa de la corriente eléctrica, entonces al aplicar un voltaje continuo a un circuito circulará por él una corriente continua, donde las cargas se moverán en un solo sentido.

Si se aplica un voltaje alterno al mismo circuito, por él ahora circulará una corriente alterna.

La corriente alterna oscila de manera regular y cíclica en su magnitud y sentido, entonces los electrones se mueven alternativamente en un sentido y otro.

Cuando use este instrumento para medir corrientes continuas, asegúrese de conectarlo de modo que la corriente entre en la terminal positiva del instrumento y salga en la terminal negativa. Idealmente, un amperímetro debe tener resistencia cero de manera que no altere la corriente que se va a medir. Cualquier amperímetro tiene siempre una resistencia en su circuito interno, su presencia en el circuito reduce ligeramente la corriente respecto de su valor cuando el amperímetro no está presente.

El amperímetro debe disponer de una resistencia interna muy pequeña tanto que le sea posible, con el fin de que no genere una caída de voltaje muy grande. Para ello, en los instrumentos con el principio de funcionamiento por fenómenos electromagnéticos de la corriente eléctrica, estarán constituidos por bobinas de conductor de calibre alto con pocas espiras (Córdova, 2004).

Figura 16

Pinza Amperimétrica para medición de corriente alterna



Fuente: Córdova, M. (2004).

Mediciones Eléctricas.

Universidad Tecnológica de Puebla. Carrera de Electricidad y Electrónica Industrial.

La medición real del valor cuadrático medio (RMS) proporciona lecturas más precisas en circuitos que contienen armónicas o formas de ondas distorsionadas. Un instrumento con una lectura real de RMS indica la corriente real que proporciona calor, que podría causar daño en conductores, conexiones, cortacircuitos o transformadores sobrecalentados (Córdova, 2004).

Medición de Voltaje.

El instrumento comúnmente utilizado para medir el voltaje es el galvanómetro que tiene una resistencia de gran valor unida en serie con la bobina interna. Cuando se desea medir el voltaje de una batería, se deben conectar las puntas del medidor a dos puntos de sus terminales para visualizar la diferencia de potencial o voltaje en ese momento. Esto se logra mediante una circulación pequeña de corriente, la cual está limitada por la resistencia conectada en serie al medidor (Córdova, 2004).

Los instrumentos de uso más común poseen una limitación en los valores de voltajes que son capaces de soportar. En general se pueden realizar mediciones de hasta 1000VCC (corriente continua) y 750VCA (en corriente alterna).

El voltímetro es un instrumento que mide el voltaje entre dos puntos de un circuito o fuente.

Para realizar la medición se debe colocar en paralelo entre los puntos cuyo voltaje se desea medir.

El valor del voltaje se ve afectada por la presencia del voltímetro. Para que este no influya en la medida, debe de desviar la mínima intensidad posible, por lo que la resistencia interna del aparato debe de ser grande (Córdova, 2004).

Los voltímetros deben usarse en paralelo con la componente del circuito que se mide. A diferencia del medidor de corriente (amperímetro), el voltímetro esta menos expuesto a ser dañado si se conectara incorrectamente. En los rangos más altos, la corriente que fluye a través del medidor se reduce considerablemente debido a su alta resistencia total inherente. Sin embargo, la lectura resultará errónea si se conecta un voltímetro en serie con una componente de circuito en lugar de en paralelo.

Figura 17
Voltímetro analógico



Fuente: https://www.lasalleteruel.es/museo_virtual/amperimetrovoltimetro.html

Medición de Potencia.

El proceso de medición de potencia eléctrica es adecuado para verificar y controlar el consumo de energía eléctrica para varias aplicaciones tales como en usuarios de tipo

residencial, comercial e industrial. Existen varios métodos para realizar la medición de potencia eléctrica, pero uno de los más usuales es a través de un instrumento denominado vatímetro.

Hay algunos conceptos relacionados con la medición de potencia eléctrica:

- Potencia aparente, medida en voltamperios (VA), representa la combinación fasorial de la potencia activa (W) y la potencia reactiva (voltamperios reactivos). Se calcula utilizando la fórmula: $S = V \times I$

Donde:

S = potencia aparente

V = voltaje (en voltios)

I = corriente (en amperios).

- La potencia activa, conocida como potencia real, simboliza la cantidad efectiva de energía eléctrica consumida por un dispositivo, sistema o circuito. Se expresa en vatios (W) y se determina utilizando la fórmula: $P = V \times I \times \cos(\theta)$

Donde:

P = potencia activa

V = voltaje (en voltios)

I = corriente (en amperios).

θ = ángulo de fase entre el voltaje y la corriente.

- La potencia reactiva (VAR) no genera trabajo útil, sino que se emplea para establecer y mantener los campos magnéticos en los dispositivos inductivos como motores y transformadores. Se mide en voltamperios reactivos (VAR) y se calcula utilizando la fórmula: $Q = V \times I \times \sin(\theta)$.

Para efectuar la medición de potencia eléctrica a un dispositivo o circuito eléctrico, se manejan instrumentos como vatímetro, analizadores de redes de energía.

- Un vatímetro es un aparato encargado de medir la potencia eléctrica de un circuito. Mide la potencia activa en vatios y es muy usado para saber qué energía es suministrada a un equipo.

El uso de un vatímetro es muy amplio, ya que es un aparato muy versátil en aquellos sitios donde es necesaria la regulación o el control de la energía que recorre un circuito.

Está compuesto por un sistema de bobinas que son las encargadas de establecer las mediciones, dos de ellas son fijas y se conectan en serie a un circuito eléctrico, se denominan bobinas amperimétricas. Además, tiene otra móvil, también llamada bobina de voltaje, la cual se instala en paralelo con el circuito.

Cada una de las bobinas realiza sus propias mediciones y estas van a un procesador interno, el cual multiplicando sus valores determina la potencia eléctrica o los vatios que la recorren.

Figura 18
Medidor de potencia



Fuente: [https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-potencia-pce-instruments-medidor-de-potencia-pce-360-ica-incl.-certificado-de-calibraci n-iso-det 5885506.htm? list=k& listpos=4](https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-potencia-pce-instruments-medidor-de-potencia-pce-360-ica-incl.-certificado-de-calibraci-n-iso-det-5885506.htm?list=k&listpos=4)

Figura 19

Conexión para medición de potencia



Fuente: https://www.hioki.com/us-es/products/pqa/portable/id_6649

- El analizador de potencia es un instrumento para medir y analizar varios parámetros eléctricos en un sistema de energía, circuitos monofásicos o trifásicos. Con el analizador de potencia puede efectuar mediciones por varios días, los valores de medición se almacenan en una tarjeta de memoria SD en formato xls. Esto permite realizar un análisis de los valores de los diferentes parámetros de medición de forma cómoda en un computador.

El analizador de potencia también realiza mediciones de energía, factor de potencia, el ángulo de fase, armónicos presentes en el circuito, interrupciones de corta y larga duración, etc.

Figura 20
Analizador de potencia



Fuente: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-electricidad/analizador-potencia-pce-pa8000.htm>

Medición de Resistencia de aislamiento.

La medición de resistencia de aislamiento se realiza con un instrumento llamado megóhmetro, en el cual se aplica un valor de voltaje de corriente continua de prueba (generalmente de 500 V o más) y la corriente de fuga que fluye a través del aislamiento es medida y en función de esos valores el instrumento determina la resistencia de aislamiento.

Las instalaciones y equipos eléctricos tienen que cumplir características de aislamiento para favorecer su funcionamiento con seguridad. Esto se debe cumplir para la conexión de cables conductores, equipos de seccionamiento y protección de motores y generadores eléctricos, tableros eléctricos, los materiales de aislamiento de los conductores eléctricos deben garantizar una resistencia eléctrica alta para evitar la circulación de corrientes fuera de los conductores y provoquen fallas en los circuitos y sistemas eléctricos.

La base para la medición de la resistencia de aislamiento es la ley de Ohm. Se aplica un voltaje de corriente continua conocido y a continuación se mide la corriente que circula, y se determina el valor de la resistencia. La medición de resistencia de aislamiento está regulada por normativas locales o estándares internacionales que establecen los valores mínimos aceptables de resistencia para diferentes tipos de equipos y viene expresado en unidades como kW, MW, GW, incluso en TW en algunos equipos.

Los materiales utilizados para aislamiento son: Polietileno, PVC (Policloruro de Vinilo), teflón (Politetrafluoroetileno), silicona, etileno propileno, porcelana, fibra de vidrio, resina epóxica, mica.

Estos materiales cumplen la función de aislamiento bajo diferentes condiciones ambientales, niveles de voltaje, asegurando que los equipos eléctricos funcionen de manera

eficiente y con seguridad. La selección adecuada del material depende de factores de operación y aplicación específica de los sistemas eléctricos

Figura 21

Medición de aislamiento con megaóhmmetro



Fuente: Chauvin Arnoux. (210). Guía de medición de aislamiento. Edición 01. Chauvin Arnoux Group. Barcelona. España

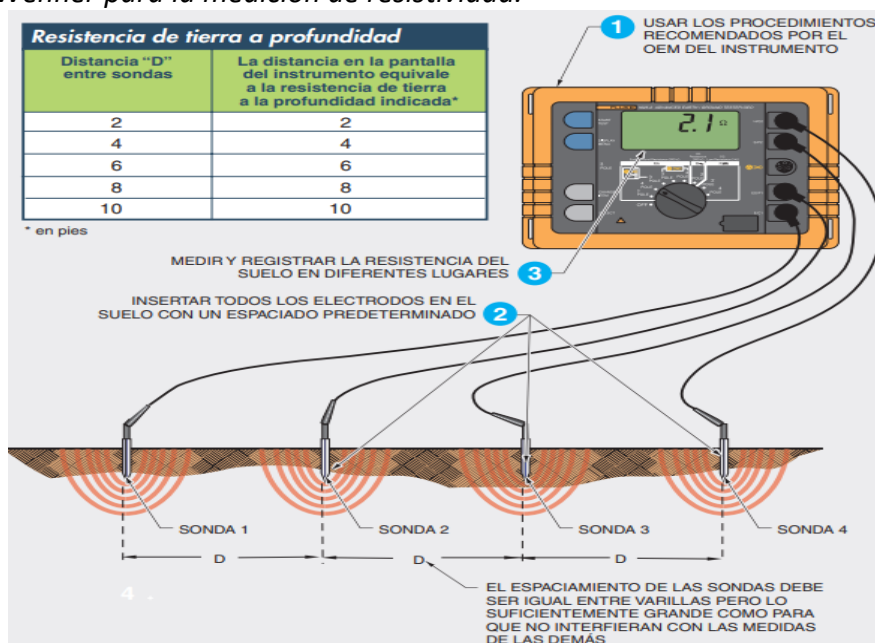
Medición de resistividad eléctrica y sistema de puesta a tierra

Para calcular la resistencia de tierra, es crucial iniciar con un estudio de la resistividad del suelo. Este examen se lleva a cabo para evaluar la conductividad de materiales como el suelo, cemento, rocas u otros sustratos presentes en el terreno y determinarán el tipo de electrodo, varilla o malla necesarios para la implementación de sistemas de puesta a tierra para aplicaciones eléctricas.

Un método muy utilizado y preciso para medir la resistividad del terreno es el método de cuatro terminales o de Wenner para ello se realiza con un instrumento llamado termómetro. Consiste en ubicar cuatro picas en línea recta separados una distancia fija entre ellas, el instrumento inyecta una corriente a través de los terminales exteriores o de corriente y mide la caída de voltaje entre los terminales internos como se puede ver en la figura 22.

El método de Schlumberger permiten también medir la resistividad del suelo o terreno además de grandes profundidades.

Figura 22
Método de Wenner para la medición de resistividad.



Fuente: Mazur, G. (2014). Principios de puesta a tierra. American Technical Publishers, Inc. y Fluke Corporation. Estados Unidos.

El método denominado del 62% es usado para medir la resistencia de un sistema de puesta a tierra formada por una malla, varilla o electrodo. Este método es preciso y fácil de usar, útil para instalaciones de conexión a tierra en sistemas eléctricos y se puede realizar utilizando una herramienta de tres puntas.

El procedimiento de medición es el siguiente:

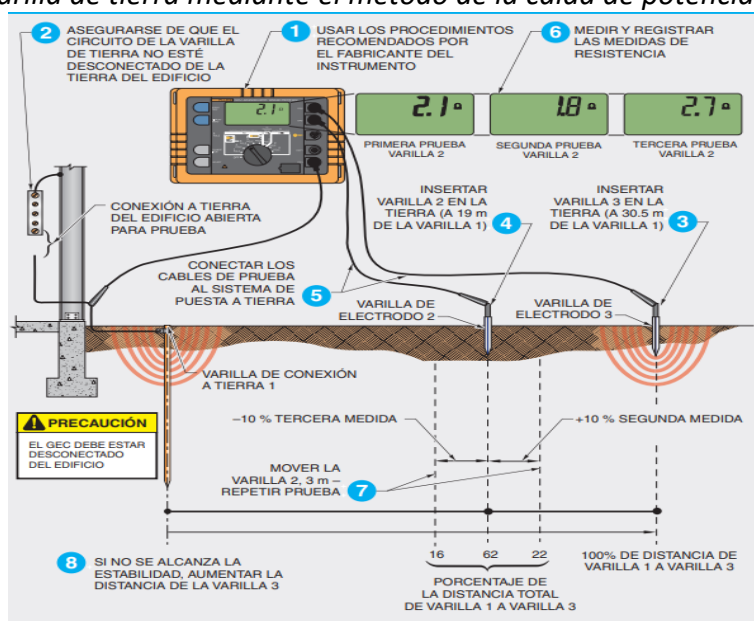
Encender el equipo telurómetro y seleccionar el modo de medición de resistencia de tierra.

El instrumento aplicará una corriente continua a través de los electrodos de corriente (denominados por las letras A y C) y medirá la diferencia de potencial (voltaje) entre los electrodos de potencial (A y P) como se muestra en la figura siguiente.

El telurómetro calculará internamente la resistencia de tierra de la varilla o electrodo usando el voltaje medido y la corriente aplicada mediante la ley de Ohm.

Figura 23

Medición de la varilla de tierra mediante el método de la caída de potencial (62%).



Fuente: Mazur, G. (2014). Principios de puesta a tierra. American Technical Publishers, Inc. y Fluke Corporation. Estados Unidos.

Termografía eléctrica

La cámara termográfica (o cámara térmica) es un instrumento que mide la temperatura y ofrece una imagen térmica de los objetos, sin necesidad de tener un contacto directo, mide la energía infrarroja de los objetos. Convierte los datos infrarrojos en una imagen electrónica que muestra la temperatura de la superficie del objeto medido. El procesador de la cámara toma la señal de cada píxel y utiliza un cálculo matemático para crear un mapa de color de la temperatura aparente del objeto. Cada valor de temperatura es asociado con un

color diferente. La matriz de colores resultante es enviada a la memoria y presenta en la pantalla de la cámara una imagen de la temperatura (imagen térmica) de ese objeto.

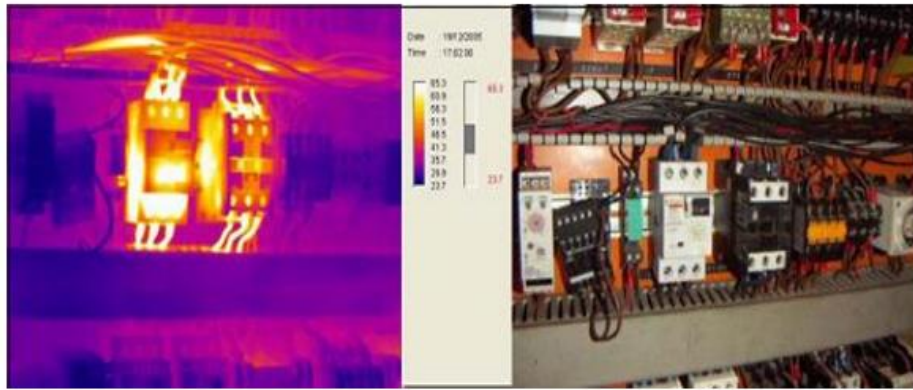
Figura 24
Cámara Termográfica



Fuente: Silva, A., Salazar, M., Ponce, J., Herrera, G. (2017). Procedimiento para inspección de tableros eléctricos con termografía infrarroja. Revista de Tecnología e Innovación. 4-11:24-35.

El procedimiento de medición con una cámara termo gráfica se efectúa cuando se coloca la cámara delante del objeto a medir, ésta absorbe energía infrarroja que luego es procesada con el fin de obtener una imagen térmica donde se pueda leer la temperatura real. La lectura de temperatura que se observa en la pantalla de la cámara se calcula tomando en cuenta varios parámetros que están presentes en el medio ambiente donde se realiza la inspección termográfica.

Figura 25
Medición de dispositivo de protección sobrecargado



Fuente: Silva, A., Salazar, M., Ponce, J., Herrera. G. (2017). Procedimiento para inspección de tableros eléctricos con termografía infrarroja. Revista de Tecnología e Innovación. 4-11:24-35.

Referencias Bibliográficas

Sadiku, M. N. O. (2007). Principios de Electricidad y Magnetismo.

Nilsson, J. W., & Riedel, S. A. (2014). Circuitos Eléctricos.

Floyd, T. (2007). Principios de Circuitos Eléctricos. Pearson Educación, México.

Boylestad, R. (2004). Introducción al Análisis de Circuitos. Pearson Educación. México.

Silva, A., Salazar, M., Ponce, J., Herrera. G. (2017). Procedimiento para inspección de tableros eléctricos con termografía infrarroja. Revista de Tecnología e Innovación. 4-11:24-35.

Mazur, G. (2014). Principios de puesta a tierra. American Technical Publishers, Inc. y Fluke Corporation. Estados Unidos.

Chauvin Arnoux. (210). Guía de medición de aislamiento. Edición 01. Chauvin Arnoux Group. Barcelona. España

Tacca, H. (2020). Conceptos Básicos de Electrotecnia. Buenos Aires: SISBI - UBA.

<https://www.aacademica.org/hernan.emilio.tacca/10/1.pdf>

Fiore, J. (2023). AC Electrical Circuit Analysis a Practical Approach.

<https://www.dissidents.com/resources/ACElectricalCircuitAnalysis.pdf>



ISBN: 978-9942-686-87-9



9 789942 686879