Alemania
Festo Didactic SE
Rechbergstr. 3
73770 Denkendorf
Tel.: +49 711 3467-0
Fax: +49 711 347-54-88500
did@festo.com

Estados Unidos
Festo Didactic Inc.
607 Industrial Way West
Eatontown, NJ 07724
Tel.: +1 732 938-2000
Sin cargo: +1-800-522-8658
Fax: +1 732 774-8573
services.didactic@festo.com

Canadá
Festo Didactic Ltée/Ltd
675, rue du Carbone
Québec (Québec) G2N 2K7
Tel.: +1 418 849-1000
Sin cargo: +1-800-522-8658
Fax: +1 418 849-1666
services.didactic@festo.com

www.festo-didactic.com

0000579340000000000100

FESTO

Manual del estudiante

Circuitos cc

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Circuitos cc

FESTO

Electricidad y Nuevas Energías
LabVolt Series

Manual del estudiante

Festo Didactic
es
579340

Electricidad y Nuevas Energías

Circuitos cc

Manual del estudiante

579340

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Nº de artículo: 579340 (Versión impresa) 591810 (CD-ROM)
Primera edición
Actualización: 04/2015

Por el personal de Festo Didactic

© Festo Didactic Ltée/Ltd, Québec, Canada 2011
Internet: www.festo-didactic.com
e-mail: did@de.festo.com

Impreso en Canadá
Todos los derechos reservados
ISBN 978-2-89640-476-6 (Versión impresa)
ISBN 978-2-89747-410-2 (CD-ROM)
Depósito legal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2011
Depósito legal – Library and Archives Canada, 2011

El comprador adquiere un derecho de utilización limitado simple, no excluyente, sin limitación en el tiempo, aunque limitado geográficamente a la utilización en su lugar / su sede.

El comprador tiene el derecho de utilizar el contenido de la obra con fines de capacitación de los empleados de su empresa, así como el derecho de copiar partes del contenido con el propósito de crear material didáctico propio a utilizar durante los cursos de capacitación de sus empleados localmente en su propia empresa, aunque siempre indicando la fuente. En el caso de escuelas/colegios técnicos, centros de formación profesional y universidades, el derecho de utilización aquí definido también se aplica a los escolares, participantes en cursos y estudiantes de la institución receptora.

En todos los casos se excluye el derecho de publicación, así como la inclusión y utilización en Intranet e Internet o en plataformas LMS y bases de datos (por ejemplo, Moodle), que permitirían el acceso a una cantidad no definida de usuarios que no pertenecen al lugar del comprador.

Todos los otros derechos de reproducción, copiado, procesamiento, traducción, microfilmación, así como la transferencia, la inclusión en otros documentos y el procesamiento por medios electrónicos requieren la autorización previa y explícita de Festo Didactic GmbH & Co. KG.

La información contenida en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso y no representa ningún compromiso por parte de Festo Didactic. Los materiales Festo descritos en este documento se suministran bajo un acuerdo de licencia o de confidencialidad.

Festo Didactic reconoce los nombres de productos como marcas de comercio o marcas comerciales registradas por sus respectivos titulares.

Todas las otras marcas de comercio son propiedad de sus respectivos dueños. Es posible que en este manual se utilicen otras marcas y nombres de comercio para referirse a la entidad titular de las marcas y nombres o a sus productos. Festo Didactic renuncia a todo interés de propiedad relativo a las marcas y nombres de comercio que no sean los propios.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Símbolos de seguridad y de uso frecuente

Los siguientes símbolos de seguridad y de uso frecuente pueden encontrarse en este manual y en los equipos:

Símbolo	Descripción
⚠ PELIGRO	**PELIGRO** indica un nivel alto de riesgo que, de no ser evitado, ocasionará la muerte o lesiones de gravedad.
⚠ ADVERTENCIA	**ADVERTENCIA** indica un nivel medio de riesgo, que de no ser evitado, puede ocasionar la muerte o lesiones de gravedad.
⚠ ATENCIÓN	**ATENCIÓN** indica un nivel bajo de riesgo, que de no ser evitado, puede ocasionar lesiones menores o leves.
ATENCIÓN	**ATENCIÓN** utilizado sin el *símbolo de riesgo* ⚠, indica una situación de riesgo potencial que, de no ser evitada, puede ocasionar daños materiales.
	Precaución, riesgo de descarga eléctrica
	Precaución, superficie caliente
	Precaución, posible riesgo
	Precaución, riesgo al levantar
	Precaución, riesgo de atrapar las manos
	Aviso, radiación no ionizante
	Corriente continua
	Corriente alterna
	Corriente alterna y continua
	Corriente alterna trifásica
	Terminal de tierra (común)

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Símbolos de seguridad y de uso frecuente

Símbolo	Descripción
	Terminal de conductor protegido
	Terminal de chasis
	Equipotencial
	Encendido (fuente)
	Apagado (fuente)
	Equipo protegido con aislamiento doble o reforzado
	Botón biestable en posición pulsado
	Botón biestable en posición no pulsado

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Índice

Prefacio IX

Acerca de este manual XI

Introducción Circuitos cc 1

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES 1
Introducción 1
Energía 2
Electricidad 3
Cargas positivas y negativas 3
Campo eléctrico 4
Tensión (diferencia de potencial) 5
Resistencia 6
Corriente 7
Ley de Ohm, leyes de Kirchhoff para la tensión y la corriente 7

Ejercicio 1 Tensión, corriente y ley de Ohm 9

PRINCIPIOS 9
Fuerza electromotriz (tensión) 9
Baterías 9
Un circuito cc simple 10
Ley de Ohm 12
Tipos de corriente eléctrica 13
Medición de resistencia, tensión y corriente 13
El ohmímetro 13
El voltímetro 14
El amperímetro 15
Multímetro 15
El módulo Carga resistiva 17
Reglas de seguridad 18

PROCEDIMIENTO 19
Configuración y conexiones 19
Gráfico de la corriente de la fuente en función de la tensión de la fuente 21
Demostración de la ley de Ohm mediante mediciones de tensión, corriente y resistencia 23

CONCLUSIÓN 24

PREGUNTAS DE REVISIÓN 24

Ejercicio 2 Resistencia equivalente 27

PRINCIPIOS 27
Introducción 27
Resistores en serie 27
Cálculo de la resistencia equivalente 28

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Índice

Resistores en paralelo ... 28
Cálculo de la resistencia equivalente ... 29
El módulo de Carga resistiva ... 29

PROCEDIMIENTO ... 30
Instalación y conexiones ... 30
Resistores en serie ... 32
Resistores en paralelo ... 33
Resistores en serie-paralelo (caso 1) ... 35
Resistores en serie-paralelo (caso 2) ... 37

CONCLUSIÓN ... 39

PREGUNTAS DE REVISIÓN ... 39

Ejercicio 3 Potencia en circuitos cc ... 41

PRINCIPIOS ... 41
Energía y potencia ... 41
Potencia eléctrica ... 41
Fuente de potencia cc ... 42
Conversión de potencia en un circuito cc ... 42
Cálculo de la potencia ... 43

PROCEDIMIENTO ... 44
Instalación y conexiones ... 44
Medición de la potencia consumida por un resistor ... 46
Medición de potencia en un circuito con los resistores en serie ... 48
Medición de potencia en un circuito con los resistores en paralelo ... 50

CONCLUSIÓN ... 51

PREGUNTAS DE REVISIÓN ... 51

Ejercicio 4 Circuitos serie y paralelo ... 53

PRINCIPIOS ... 53
Leyes de Kirchhoff para la corriente y la tensión ... 53
Simplificación de circuitos en serie ... 53
Simplificación de circuitos en paralelo ... 55
El principio del divisor de tensión ... 56
El principio del divisor de corriente ... 57

PROCEDIMIENTO ... 57
Circuitos en serie ... 57
Circuitos en paralelo ... 59
Circuitos en serie-paralelo (caso 1) ... 62
Circuitos en serie-paralelo (caso 2) ... 63

CONCLUSIÓN ... 66

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Índice

PREGUNTAS DE REVISIÓN 66

Apéndice A Tabla de utilización del equipo 69

Apéndice B Glosario de términos nuevos 71

Apéndice C Tabla de impedancia para los módulos de carga 75

Índice de términos nuevos 77

Bibliografía 79

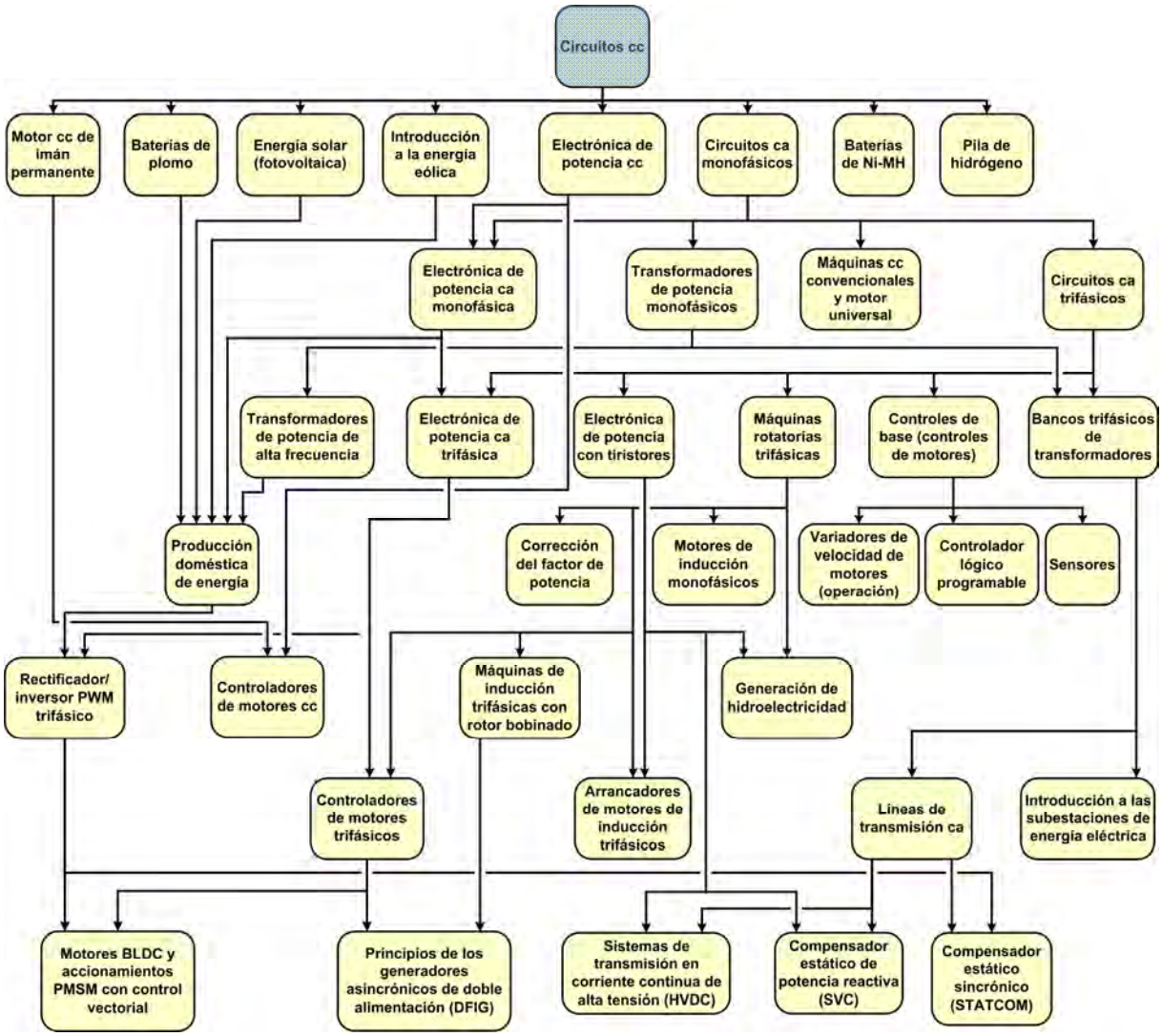
Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Prefacio

La producción de energía a partir de recursos naturales renovables como el viento, la luz del sol, la lluvia, las mareas, el calor geotérmico, etc., ha ganado mucho protagonismo en estos últimos años dado que es un medio eficaz para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Últimamente, ha surgido como una tendencia importante la necesidad de tecnologías innovadoras para hacer que las redes sean más inteligentes debido a que el aumento de la demanda de energía eléctrica que se observa en todo el mundo hace que para las redes actuales de muchos países resulte cada vez más difícil continuar a soportar la demanda de energía. Además, en muchas partes del mundo se desarrollan y comercializan vehículos eléctricos (desde bicicletas hasta automóviles) cada vez con más éxito.

Para responder a las necesidades cada vez más diversificadas en materia de capacitación en el amplio sector de la energía eléctrica, hemos ha desarrollado el Programa didáctico en tecnologías de la energía eléctrica, un programa de aprendizaje modular destinado a escuelas técnicas, colegios y universidades. El organigrama de más abajo muestra el programa en el que cada caja representa un curso específico.



Programa didáctico en tecnologías de la energía eléctrica.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Prefacio

El programa comienza con una variedad de cursos que tratan en profundidad los temas básicos relacionados con el campo de la energía eléctrica, como los circuitos de corriente continua y alterna, transformadores de potencia, máquinas rotatorias, líneas de transmisión de corriente alterna y electrónica de potencia. El programa se basa en los conocimientos adquiridos por el estudiante a través de esos cursos básicos para luego aprender temas más avanzados como la producción doméstica de energía a partir de recursos renovables (viento y luz solar), generación de hidroelectricidad a gran escala, producción de energía eléctrica a gran escala a partir de la energía eólica (utilizando las tecnologías de los generadores de inducción de doble alimentación [DFIG], asincrónicos y sincrónicos), tecnologías de redes inteligentes (SVC, STATCOM, transmisión HVDC, etc.), almacenamiento de la energía eléctrica en baterías y sistemas de control para pequeños vehículos y automóviles eléctricos.

Invitamos a los lectores de este manual a enviarnos sus opiniones, comentarios y sugerencias para mejorarlo.

Por favor, envíelos a did@de.festo.com.

Los autores y Festo Didactic estamos a la espera de sus comentarios.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Acerca de este manual

Acerca del curso Circuitos cc

El curso *Circuitos cc* estudia los conceptos básicos de electricidad y permite que los estudiantes se familiaricen con las leyes fundamentales en dicho campo. También aprenden cómo calcular la tensión, la corriente, la resistencia y la potencia en circuitos de corriente continua (cc). Los estudiantes analizan los circuitos cc simples y aprenden cómo determinar su resistencia equivalente para las diferentes combinaciones de resistores en serie y en paralelo. Por último, utilizan los conocimientos adquiridos para simplificar los circuitos complejos y verificar sus cálculos realizando mediciones en los circuitos.

Consideraciones de seguridad

Los símbolos de seguridad que pueden emplearse en este manual y en los equipos están listados en la tabla de Símbolos de seguridad al principio de este manual.

Los procedimientos de seguridad relacionados con las tareas que se le pedirán realizar están indicados en cada ejercicio.

Asegúrese de emplear el equipo protector adecuado al realizar las tareas requeridas en los ejercicios prácticos. Nunca realice una tarea si tiene alguna razón para pensar que una manipulación podría ser peligrosa para usted o sus compañeros.

Sistemas de unidades

Los valores de los parámetros medidos se expresan utilizando el Sistema internacional de unidades SI seguidos por los valores en el sistema de unidades anglosajón (entre paréntesis).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Circuitos cc

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios fundamentales cubren los siguientes puntos:

- Introducción
- Energía
- Electricidad
- Cargas positivas y negativas
- Campo eléctrico
- Tensión (diferencia de potencial)
- Resistencia
- Corriente
- Ley de Ohm, leyes de Kirchhoff para la tensión y la corriente

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Introducción

La electricidad es de uso universal. La palabra electricidad proviene del término griego "elektron" que significa ámbar. El ámbar es la resina de los árboles fósiles que los griegos relacionaban con el Dios del Sol. Desde el año 600 AC, el filósofo y científico Tales observó que cuando se frotaba una pieza de ámbar en la ropa, ésta se cargaba de electricidad estática.

A principios del siglo XVII, el físico inglés William Gilbert realizó diversas investigaciones en los campos de la electricidad y el magnetismo, e incluso desarrolló un aparato de medición eléctrica llamado electroscopio. Con este instrumento es posible detectar la presencia y la magnitud de un cuerpo cargado eléctricamente.

Más tarde, en el siglo XVIII y principios del XIX, los experimentos con la electricidad y el magnetismo llevaron a importantes inventos y descubrimientos:

- El descubrimiento de la naturaleza eléctrica del rayo y el principio de la conservación de la carga eléctrica por Benjamín Franklin.
- El descubrimiento del fenómeno electrostático de la auto-inductancia y la inductancia mutua por Joseph Henry.
- La definición de la fuerza electrostática de atracción y repulsión por Charles-Augustin de Coulomb.
- El descubrimiento de la producción de electricidad por las células y los nervios por Luigi Galvani.
- El desarrollo de la primera celda electroquímica por Alessandro Volta. Esta celda, también llamada celda voltaica, estaba hecha de capas intercaladas de zinc y cobre.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

- El descubrimiento del electromagnetismo por Hans Christian Ørsted y André-Marie Ampère.

- La invención de un instrumento para detectar y medir corriente eléctrica por Johann Schweigger y André-Marie Ampère.

- El trabajo de Michael Faraday que llevó al establecimiento de las bases para el concepto de campo electromagnético, la formulación de la ley de inducción y la invención de dispositivos electromagnéticos rotatorios como la dínamo eléctrica.

- El establecimiento de la relación entre la tensión, la corriente y la resistencia, así como el análisis de los circuitos eléctricos por Georg Simon Ohm y Gustav Kirchhoff.

- Heinrich Hertz logró demostrar la existencia de las ondas electromagnéticas con un aparato capaz de producir y detectar ondas de radio.

- La invención del fonógrafo, la cámara de video y la lámpara incandescente por Thomas Edison.

- El desarrollo del análisis matemático de la electricidad, la invención del telégrafo eléctrico y el desarrollo de la señalización en largos cables de comunicación submarinos por William Thomson (Lord Kelvin).

- Nikola Tesla trabajó en el desarrollo de sistemas modernos de energía eléctrica de corriente alterna (ca), incluyendo el sistema polifásico de distribución eléctrica y el motor ca.

A finales del siglo XIX, la electricidad se transformó en una parte fundamental de la vida diaria a través de la invención de dispositivos eléctricos usados en transporte, calefacción, iluminación, comunicaciones y computación, por inventores como Thomas Edison, Nikola Tesla, Charles Steinmetz, William Thomson Kelvin, Alexander Graham Bell, George Westinghouse, Guglielmo Marconi y Ernst Werner von Siemens.

Energía

Energía es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar trabajo. La energía se mide en julios (J) y existe de dos formas diferentes:

- **Energía potencial** es la energía que un cuerpo tiene debido a su posición o a su estado físico o químico.

- **Energía cinética** es la energía que un cuerpo posee debido a su movimiento.

Dependiendo del contexto en el que es utilizada, producida o analizada, la energía puede describirse como eléctrica, química, mecánica, térmica, gravitacional, nuclear, etc. En todos los casos la energía está conformada por energía potencial o cinética, o bien, una combinación de ambas.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Electricidad

La electricidad es una propiedad fundamental de la materia. Está relacionada con el movimiento de partículas atómicas cuyo movimiento desarrolla campos de fuerza y genera energía potencial o cinética.

La **ley de la conservación de la energía** establece que la energía no se puede crear ni destruir, únicamente transformar. Por lo tanto para obtener energía se requiere algún tipo de fuente que puede ser:

- energía química de las baterías;
- energía eléctrica proveniente de aerogeneradores;
- energía hidráulica obtenida del movimiento del agua de un río o cascada;
- energía térmica a partir de la combustión de carbón o gas;
- energía nuclear a partir de una reacción nuclear controlada;
- energía solar.

A manera de ejemplo, una fuente puede ser la energía química de una batería de celda seca que se puede usar para producir electricidad.

La electricidad se utiliza para alimentar los dispositivos de uso diario encontrados en aplicaciones de calefacción, iluminación, comunicaciones, computación y transporte.

Cargas positivas y negativas

La electricidad está íntimamente ligada a la estructura atómica de la materia.

Los átomos están conformados por tres tipos de partículas llamadas protones, neutrones y electrones.

- Los **protones** y **neutrones** conforman el centro del átomo llamado **núcleo**. Los protones tienen una carga eléctrica positiva (**+**), mientras que los neutrones no tienen carga eléctrica.
- Los **electrones** circulan u orbitan alrededor del núcleo. Estos tienen una carga eléctrica negativa (–).

Los electrones cargados negativamente y los protones cargados positivamente se atraen entre sí. Un átomo balanceado tiene el mismo número de protones cargados positivamente como de electrones cargados negativamente. La carga positiva del núcleo atrae a los electrones cargados negativamente y los mantiene en su órbita.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Campo eléctrico

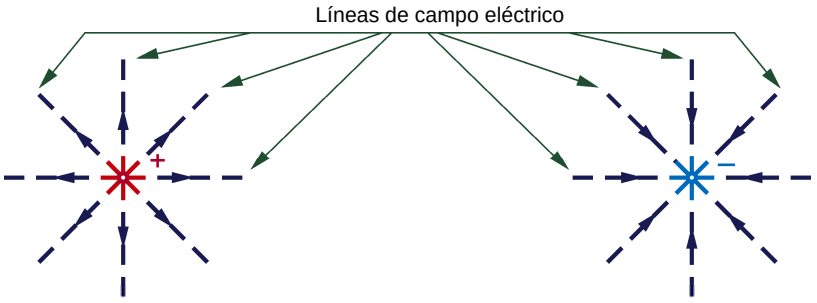
Cuanto más lejos se encuentra un electrón del núcleo, menor será la fuerza atómica para atraerlo. Algunos materiales llamados **conductores** tienen electrones en sus órbitas exteriores que se pueden separar fácilmente usando medios externos como el calor, o aplicando un **campo eléctrico**.

Los electrones removidos de sus órbitas pasan a ser electrones libres y comienzan a moverse entre diferentes átomos. El movimiento de muchos electrones al mismo tiempo crea un flujo de corriente eléctrica.

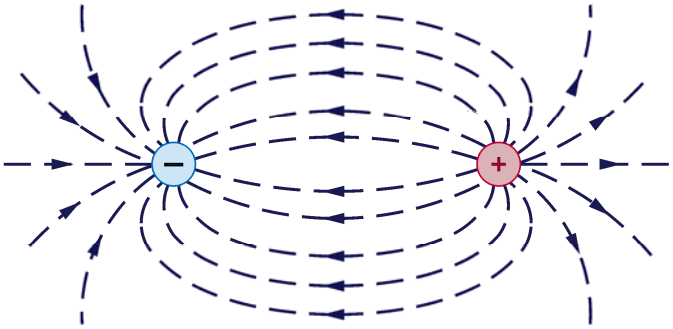
En las ilustraciones de la figura 1 se muestran representaciones simplificadas del campo eléctrico alrededor de una carga puntual cargada positivamente (a), alrededor de una carga puntual cargada negativamente (b), entre cargas eléctricas de polaridad contraria (c) y entre cargas eléctricas de la misma polaridad (d).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

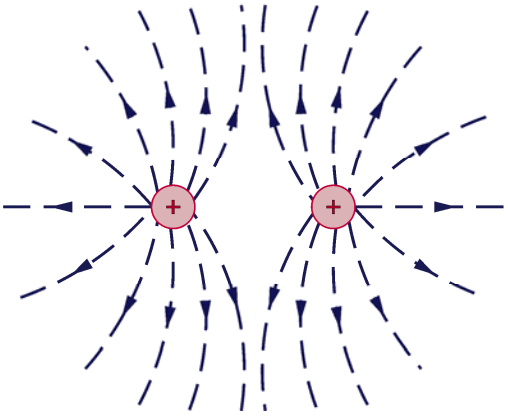
© Festo Didactic 579340



(a) Carga eléctrica positiva (b) Carga eléctrica negativa



(c) Cargas eléctricas de polaridad contraria



(d) Cargas eléctricas de la misma polaridad

Figura 1. Representaciones simplificadas del campo eléctrico.

Tensión (diferencia de potencial)

Cuanto mayor es el campo eléctrico aplicado para separar los electrones de sus órbitas, mayor será el número de electrones moviéndose al mismo tiempo y, por lo tanto, mayor será la corriente eléctrica.

La magnitud del campo eléctrico se mide entre dos puntos del campo y se llama **tensión** o **diferencia de potencial**.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

El concepto de diferencia de potencial es similar al de la presión hidráulica. Una represa de agua con una altura de 300 metros produce una mayor presión en el agua confinada en un tubo, que una represa de sólo 30 metros de alto. Esto ocurre porque la energía potencial aumenta con la altura.

De manera similar, una tensión de 100 V crea una mayor presión eléctrica sobre los electrones en un cable conductor (para hacerlos mover) que una tensión de 10 V.

Algunas de las fuentes para producir tensiones son: generadores mecánicos y alternadores, baterías alcalinas y de plomo, y celdas fotoeléctricas.

Resistencia

Como se mencionó anteriormente, es relativamente fácil desprender electrones de los materiales en donde sus electrones se encuentran en las órbitas exteriores de los átomos. Por lo tanto, en este caso es fácil producir corriente eléctrica.

Por el contrario, es difícil separar electrones en materiales en los que sus electrones se encuentran en las órbitas interiores de los átomos. Por lo tanto, en este tipo de materiales la producción de corriente eléctrica es más difícil.

Es claro entonces que la oposición al flujo de corriente eléctrica varía de un material a otro. Esta oposición a ese flujo se denomina **resistencia**.

A pesar de ser considerados buenos conductores, el cobre, el aluminio y el oro ofrecen cierta resistencia al flujo de corriente, mientras que los materiales cerámicos, el plástico y el caucho, que son considerados buenos aislantes, ofrecen una alta resistencia al flujo de corriente.

La figura 2 muestra la estructura atómica simplificada de dos conductores: cobre y aluminio.

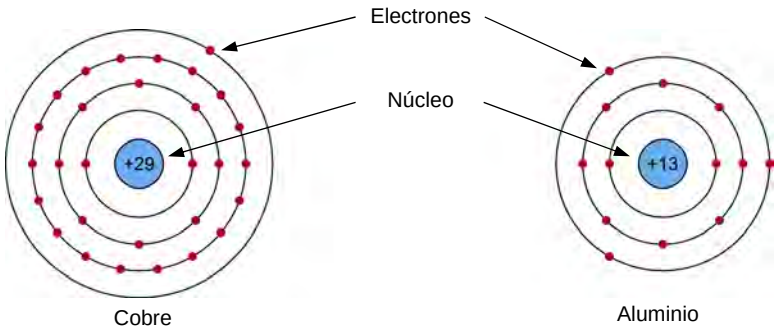


Figura 2. Los materiales conductores tienen electrones en las órbitas exteriores de sus átomos.

El científico alemán Georg Simon Ohm (1787-1854), descubrió que la relación entre la tensión y la corriente es constante para un material conductor de longitud y sección transversal específicos. Esta relación constante es la resistencia del material. La resistencia se mide en ohmios (Ω) en honor a Georg Ohm.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Corriente

Las primeras experiencias con la electricidad demostraron que la **corriente** eléctrica era el flujo de electrones libres pasando a través de un conductor. Como el sentido del flujo de corriente en ese momento era desconocido, se estableció de manera arbitraria que dicho flujo se movía de un cuerpo cargado positivamente a uno cargado negativamente.

Esta convención fue aceptada de tal manera que actualmente es casi considerada universal. Por lo tanto, el sentido aceptado para el flujo de la corriente es de positivo a negativo, a pesar de que el sentido real del flujo de electrones es de negativo a positivo.

La convención adoptada en este manual para el **sentido de la corriente eléctrica** es del terminal positivo al terminal negativo.

Ley de Ohm, leyes de Kirchhoff para la tensión y la corriente

Los principios básicos usados en el estudio de la electricidad son la **ley de Ohm** y las **leyes de Kirchhoff para la tensión y la corriente**.

Estas leyes se estudian en detalle en este manual y se utilizarán para calcular la tensión, la corriente, la resistencia y la potencia en los **circuitos en serie** y en los **circuitos en paralelo**.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Tensión, corriente y ley de Ohm

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando usted haya completado este ejercicio, estará en condiciones de medir tensiones y corrientes en circuitos eléctricos y será capaz de demostrar la ley de Ohm, a través de la medición de corriente y tensión.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Fuerza electromotriz (tensión)
- Baterías
- Un circuito cc simple
- Ley de Ohm
- Tipos de corriente eléctrica
- Medición de resistencia, tensión y corriente
- El módulo Carga resistiva
- Reglas de seguridad

PRINCIPIOS

Fuerza electromotriz (tensión)

Los componentes eléctricos, como los cables y las lámparas, están fabricados de material conductor de manera tal que permiten la circulación de electrones en su interior.

Para producir un flujo de electrones, los componentes eléctricos deben estar conectados a una fuente de fuerza electromotriz que empuje a esos electrones a través de dichos componentes.

- En circuitos eléctricos cc, la fuente de fuerza electromotriz es una fuente de energía cc o una batería. La fuerza electromotriz se denomina **tensión** y su magnitud se mide en **voltios** (**V**).
- Siempre existe una oposición al flujo de electrones a través de un componente eléctrico. Esta oposición al flujo de electrones se denomina **resistencia**. La resistencia se mide en **ohmios** y éstos se representan con la letra griega **omega** (**Ω**).
- El resultado de los electrones fluyendo a través de componentes eléctricos se denomina **corriente**. La magnitud de la corriente se mide en **amperios** (**A**). Un amperio es igual al movimiento de 6,24 x 10^{18} electrones a través de una sección transversal dada en 1 segundo.

Baterías

Alrededor de 1745, Ewald Georg von Kleist y Pieter van Musschenbroek inventaron un aparato para almacenar cargas eléctricas llamado **botella de Leyden**. También combinaron varias botellas de Leyden en paralelo para almacenar la máxima carga posible.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

En 1749, Benjamín Franklin introdujo el término **batería** para nombrar la disposición de múltiples botellas de Leyden.

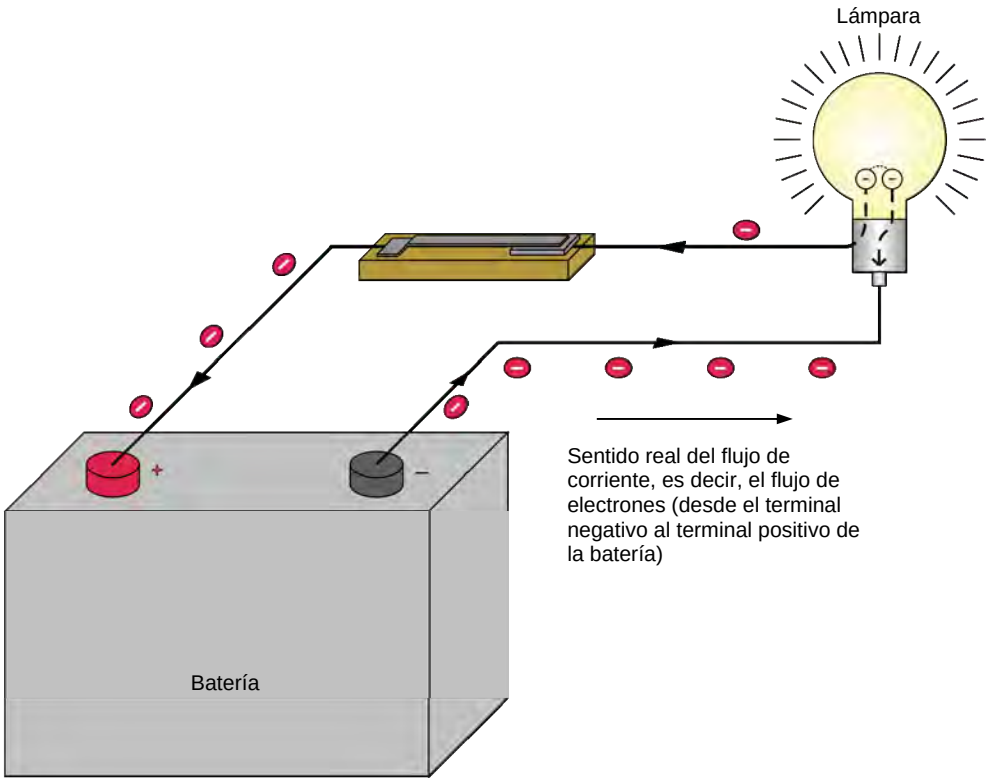
Más tarde, en 1799, Alessandro Volta inventó la primera **celda voltaica** que condujo al desarrollo de las baterías modernas. Hoy en día, las baterías están hechas de varias celdas galvánicas electroquímicas. Durante la carga de una batería, las celdas almacenan energía química, lo cual crea una **tensión (diferencia de potencial)** entre los terminales positivo (+) y negativo (–) de la batería.

Un circuito cc simple

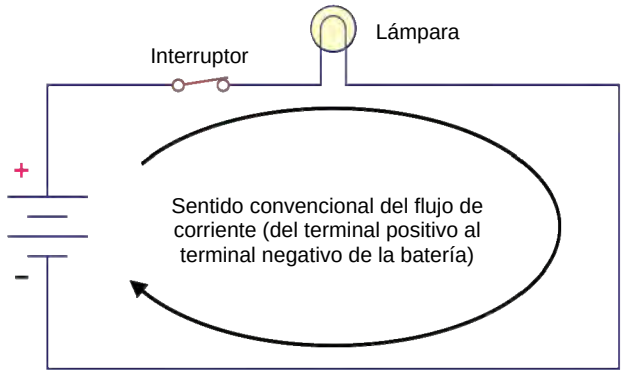
La figura 3 muestra un circuito cc simple formado por una batería, un interruptor, que se usa para iniciar y detener el flujo de corriente en el circuito, conductores y una carga (lámpara). La batería también podría ser una fuente de tensión cc.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340



(a) Diagrama pictórico



(b) Diagrama esquemático

Figura 3. Circuito eléctrico cc simple.

Cuando el interruptor está cerrado, la diferencia de potencial entre los terminales positivo (+) y negativo (-) ejerce una presión eléctrica que empuja a los electrones a través del conductor haciendo que la lámpara se encienda.

Técnicamente, el sentido del flujo de corriente, es decir, el sentido del flujo de electrones, es desde el terminal negativo al terminal positivo de la batería, como muestra la parte superior de la figura 3. Sin embargo, cuando se están analizando circuitos con diagramas esquemáticos, la convención utilizada establece que el sentido de la corriente va del terminal positivo al negativo, como muestra la parte inferior de la figura 3.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Ley de Ohm

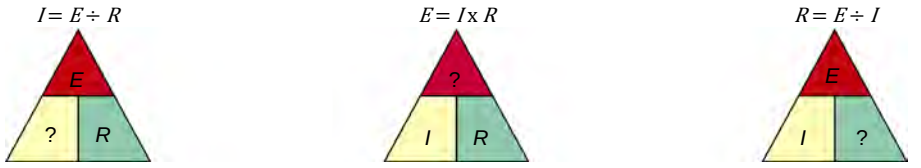
La relación entre la tensión, la corriente y la resistencia se llama **ley de Ohm** y se presenta en la ecuación (1).

$$I = \frac{E}{R} \tag{1}$$

donde
- I *es la corriente fluyendo a través del dispositivo, expresada en amperios (A).*
- E *es la tensión o la diferencia de potencial a través de un dispositivo electrónico, expresada en voltios (V).*
- R *es la resistencia del dispositivo electrónico, expresada en ohmios (Ω).*

La ley de Ohm se puede reescribir para calcular la corriente, la tensión o la resistencia cuando se conocen los valores de las otras dos variables. Esto se muestra en la figura 4.

Variable	Common symbol	Unidad de medida
Corriente	I	Amperio (A)
Tensión	E	Voltio (V)
Resistencia	R	Ohmio (Ω)



Para encontrar la corriente | Para encontrar la tensión | Para encontrar la resistencia

Figura 4. Ley de Ohm.

La letra "V" también se puede usar para representar la tensión. Por lo tanto podemos escribir $I = V/R$, $V = I \times R$, etc.

Por ejemplo, la ley de Ohm se puede reescribir para encontrar la tensión:

$$E = I \times R \tag{2}$$

La ecuación (2) indica que la tensión E, presente a través del dispositivo eléctrico es igual a la corriente I, fluyendo a través del dispositivo, multiplicada por la resistencia R del dispositivo.

La ley de Ohm también se puede reescribir para encontrar la resistencia:

$$R = \frac{E}{I} \tag{3}$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Tipos de corriente eléctrica

El flujo de corriente a través de un circuito eléctrico puede ser de dos tipos: corriente continua o corriente alterna.

- **Corriente continua (cc)** es el tipo de corriente producida por baterías y fuentes de corriente continua. Este tipo de corriente fluye en un solo sentido: del terminal positivo (+) al negativo (–) de la batería o fuente de energía (sentido convencional).
- **Corriente alterna (ca)** es el tipo de corriente suministrada a la mayoría de las viviendas y fábricas. Este tipo de corriente cambia de sentido (polaridad) muchas veces por segundo. Ejemplos de dispositivos que producen corriente ca son las máquinas rotatorias, tales como alternadores y generadores ca.

La figura 5 muestra símbolos utilizados para representar fuentes de tensión cc y ca en diagramas eléctricos. La flecha en un símbolo indica que la fuente de tensión es de valor variable.

En la figura 5, los signos "+" y "–" que aparecen a la izquierda de los símbolos para las fuentes de tensión cc se muestran con fines instructivos. A menudo, estos signos no aparecen en los circuitos eléctricos porque la polaridad de los terminales de la fuente está indicada por la longitud de las líneas (guiones) en el símbolo de la fuente: la línea más larga identifica el terminal positivo (+), mientras que la más corta identifica el terminal negativo (–).

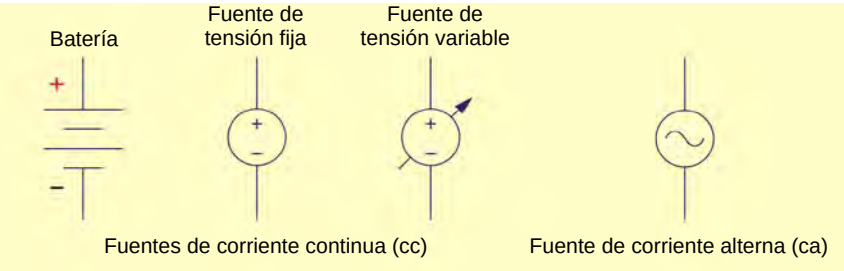


Figura 5. Símbolos utilizados para representar las fuentes de tensión ca y cc en diagramas eléctricos.

Medición de resistencia, tensión y corriente

La resistencia se mide con un **ohmímetro**, la tensión con un **voltímetro** y la corriente con un **amperímetro**.

El ohmímetro

El ohmímetro se utiliza para medir resistencia. El ohmímetro normalmente contiene una fuente de tensión (usualmente una batería) usada para producir un flujo de corriente a través del componente sobre el que se realiza la medición. El ohmímetro determina la resistencia del componente a partir de la magnitud de la corriente que fluye a través del mismo.

El ohmímetro está conectado al componente cuyo valor de resistencia es desconocido, como muestra la figura 6. Si el componente es parte de un circuito eléctrico, **la fuente de tensión se debe apagar y el componente debe ser desconectado del circuito**. Esto se ilustra en la figura 6.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

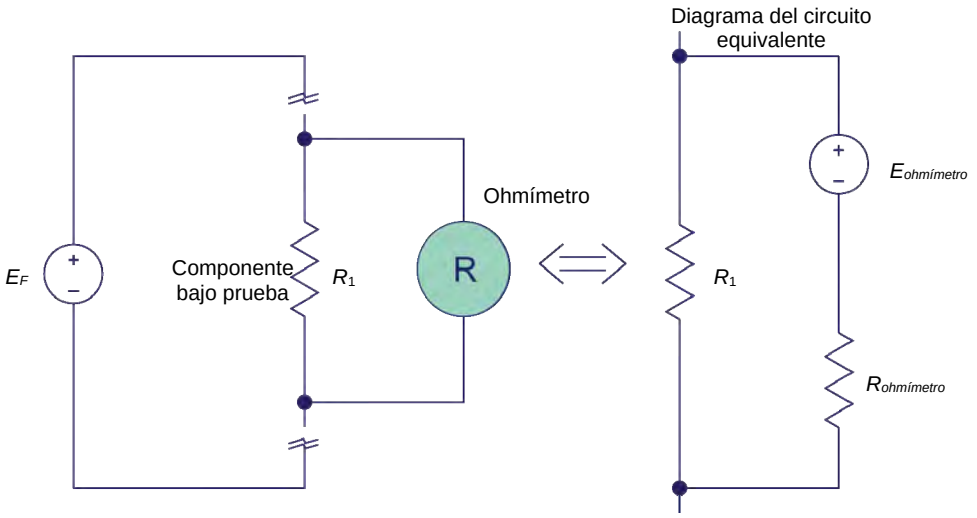


Figura 6. Medición de la resistencia con un ohmímetro.

Tenga en cuenta que un resistor ($R_{Ohmímetro}$) está conectado en serie con la fuente de tensión cc. Este resistor evita que pase una corriente muy alta a través de la fuente de tensión cc en caso de que los terminales del ohmímetro se conecten involuntariamente entre sí (en cortocircuito).

El voltímetro

El voltímetro se usa para medir tensión. Para esto, se debe conectar en paralelo con el circuito o componente y la fuente de energía debe estar prendida. El ejemplo de la figura 7 muestra un voltímetro conectado en paralelo con un resistor, cuya fuente de energía es una batería.

Los voltímetros tienen una alta resistencia interna para minimizar el flujo de corriente a través de sus terminales. De esta manera se minimiza también su efecto en la operación del circuito.

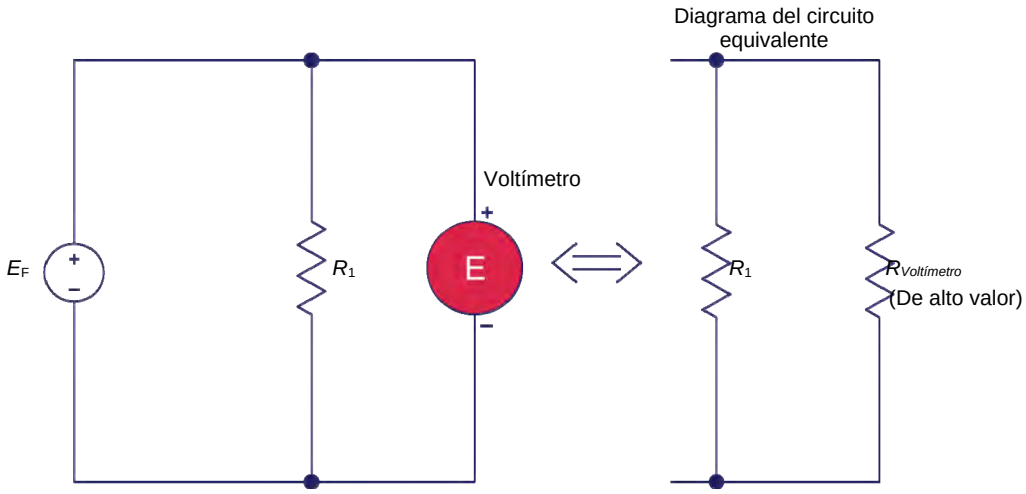


Figura 7. Medición de la tensión con un voltímetro.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Cuando se usa en circuitos cc, el voltímetro debe estar conectado de acuerdo al sentido convencional del flujo de corriente para que su lectura tenga la polaridad adecuada. Esto significa que el terminal positivo (punta de prueba roja) del voltímetro debe estar conectado al lado positivo del componente al que se le realiza la medición y el terminal negativo (punta de prueba negra) del voltímetro al negativo del componente.

El lado positivo de un componente será el que se encuentre más cercano del terminal positivo de la fuente de energía. La tensión en este punto siempre será más elevada que en el lado negativo.

El amperímetro

El amperímetro se utiliza para medir corriente. Como muestra la figura 8, el amperímetro debe estar conectado en serie con los componentes del circuito. Los amperímetros tienen una baja resistencia interna para minimizar la adición de resistencia extra al circuito. Al igual que con el voltímetro, se debe tener en cuenta la polaridad cuando se conecta el amperímetro a un circuito cc.

En serie quiere decir que cuando la fuente de energía se encienda, toda la corriente fluirá a través del amperímetro y el resto del circuito.

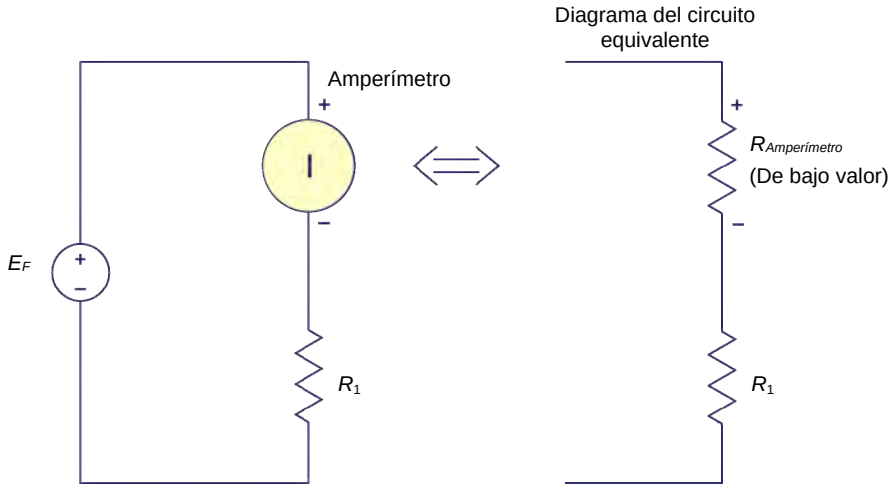


Figura 8. Medición de corriente con un amperímetro.

Multímetro

Los multímetros combinan un ohmímetro, un amperímetro y un voltímetro en un único instrumento. Estos permiten medir varios parámetros incluyendo tensiones cc y ca, corrientes cc y ca, y resistencia.

La figura 9 muestra un multímetro fijado para medir resistencia (ohmímetro). Las puntas de prueba están conectadas al terminal V/Ω (voltios/ohmios) y al terminal COMUN (COM) del multímetro. El interruptor de selección del mismo está fijado para medir resistencia (Ω).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

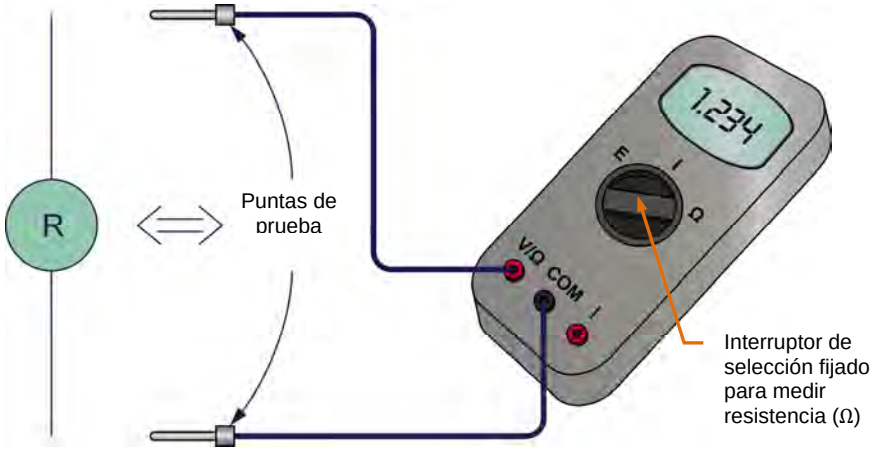


Figura 9. El multímetro usado como un ohmímetro.

La figura 10 muestra un multímetro ajustado para medir tensión (voltímetro). La punta de prueba (normalmente la roja) conectada al terminal del multímetro V/Ω (volt/ohm) corresponde al terminal positivo (+) del voltímetro. La otra punta de prueba (normalmente la negra) conectada al terminal COMUN (COM) del multímetro corresponde al terminal negativo (–) del voltímetro. El interruptor de selección del multímetro está fijado para medir tensión (E o V).

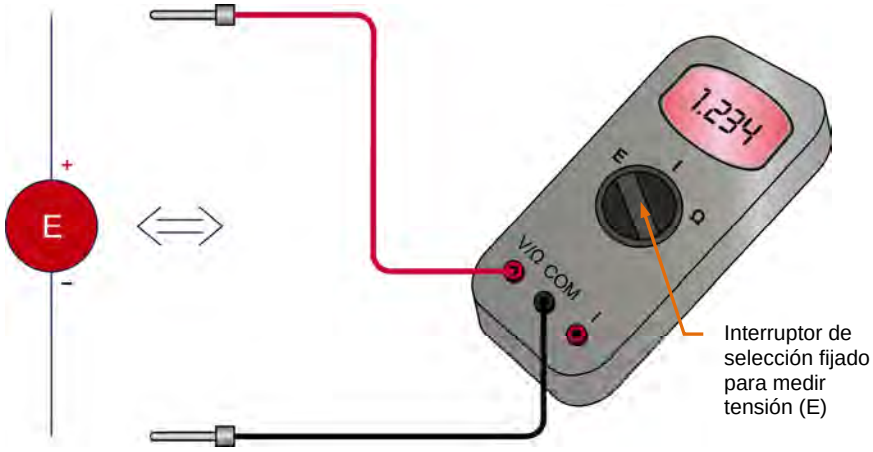


Figura 10. El multímetro usado como un voltímetro cc.

La figura 11 muestra un multímetro configurado para medir corriente (amperímetro). La punta de prueba (normalmente la roja) conectada al terminal I (corriente) del multímetro corresponde al terminal positivo (+) del amperímetro. La otra punta de prueba (normalmente la negra) conectada al terminal COMUN (COM) del multímetro corresponde al terminal negativo (–) del amperímetro. El interruptor de selección del multímetro está fijado para medir corriente (I).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

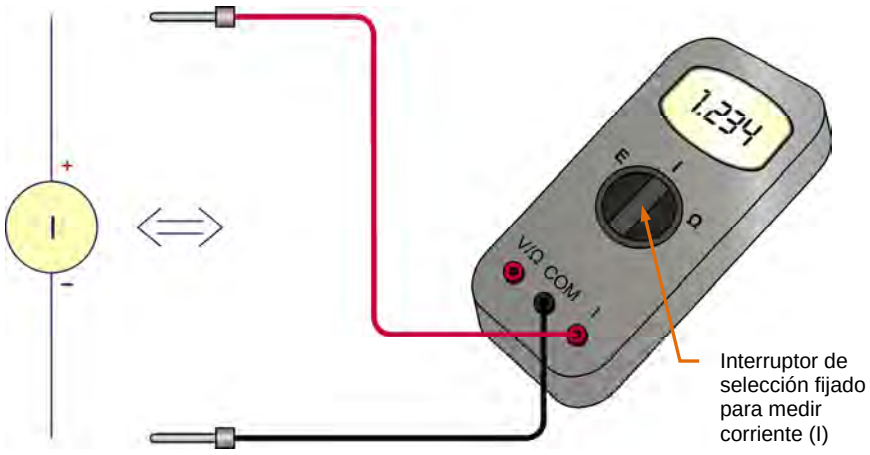


Figura 11. El multímetro usado como un amperímetro cc.

El módulo Carga resistiva

La figura 12 muestra el módulo Carga resistiva. Este módulo está conformado por tres secciones idénticas, donde cada una tiene tres resistores de diferentes valores que se pueden conectar a circuitos eléctricos a través de un par de terminales.

Para introducir un determinado resistor en un circuito eléctrico, primero se deben conectar al circuito los terminales de la sección en la que el resistor está localizado y luego se debe colocar el interruptor de palanca asociado con ese resistor en la posición I (encendido).

Por ejemplo, en la figura 12, el interruptor de palanca asociado con el resistor en el extremo izquierdo del panel frontal del módulo está en la posición I (encendido), mientras que los otros interruptores de palanca están en la posición O (apagado). Esto permite introducir un resistor en el circuito usando los correspondientes terminales de la sección (terminales rojos).

Es posible realizar numerosas combinaciones de las posiciones de los interruptores, permitiendo intercalar diferentes valores de resistencia en un circuito, tal como se explicará en el siguiente ejercicio. El apéndice C de este manual presenta distintas combinaciones requeridas de las posiciones de los interruptores para obtener diferentes valores de resistencia.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

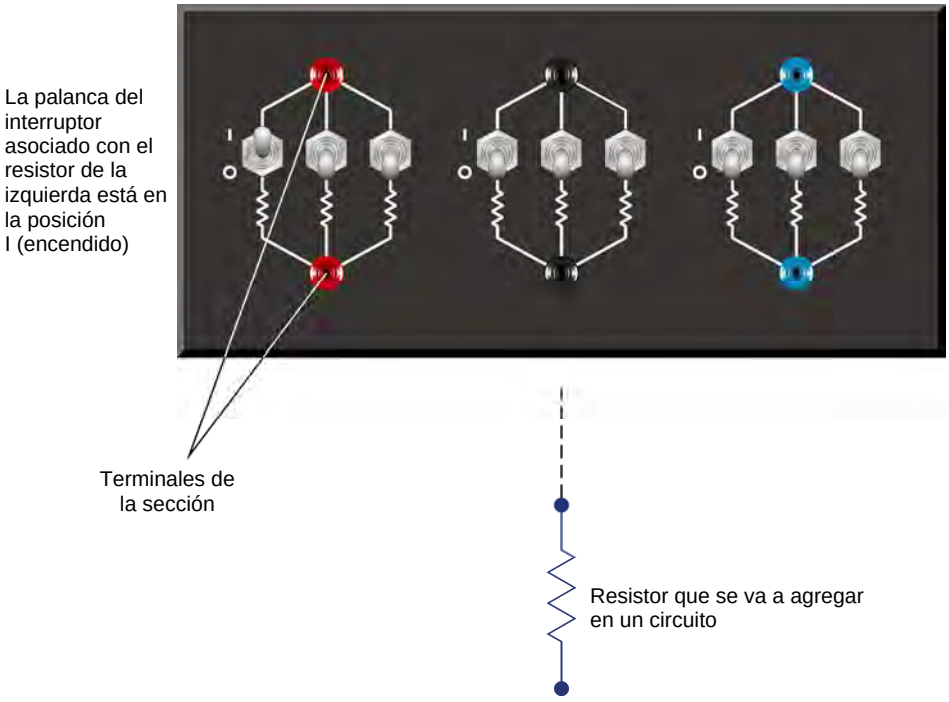


Figura 12. El módulo Carga resistiva.

Reglas de seguridad

Tenga en cuenta las siguientes reglas de seguridad cuando esté usando equipo eléctrico:

1. Cuando esté conectando o desconectando componentes o cables, asegúrese de que la fuente de alimentación eléctrica esté desactivada.

2. Nunca deje un cable eléctrico desconectado ya que si usted toca el extremo desconectado del cable mientras la fuente de alimentación eléctrica está prendida podría recibir una descarga eléctrica. También podría producirse un cortocircuito si el extremo desconectado del cable entra en contacto con una superficie conductora.

3. Antes de conectar el cable eléctrico de la fuente de alimentación, asegúrese de que el interruptor de encendido en la fuente de alimentación eléctrica se encuentre colocado en la posición de apagado.

4. Asegúrese de que los terminales de contacto estén libres de suciedad, aceite y agua cuando esté conectando un circuito eléctrico. La suciedad y el aceite son aislantes y perjudican la conexión entre dos componentes, mientras que el agua es un conductor y puede crear una conexión donde no se desea.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento está dividido en las siguientes secciones:

- Configuración y conexiones
- Gráfico de la corriente de la fuente en función de la tensión de la fuente
- Demostración de la ley de Ohm mediante mediciones de tensión, corriente y resistencia

PROCEDIMIENTO

Configuración y conexiones

En esta sección, conectará un circuito eléctrico simple. También fijará los multímetros para medir corriente cc (modo amperímetro) y tensión cc (modo voltímetro). Finalmente fijará también los interruptores del módulo Carga resistiva para introducir una determinada resistencia en el circuito.

1. Para obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte la Tabla de utilización del equipo que se encuentra en el apéndice A.

Instale el equipo requerido en el Puesto de trabajo.

Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal de la fuente del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes esté colocado en la posición *O* (apagado). Luego conecte la *Entrada de potencia* a un enchufe de pared de corriente alterna.

Conecte el circuito mostrado en la figura 13. La parte superior de la figura muestra el diagrama eléctrico del circuito a conectar, mientras que en la parte inferior se muestra el detalle de las conexiones.

El módulo Carga resistiva se utiliza para introducir un resistor (R_1) en el circuito. Para obtener el valor de resistencia mostrado junto a R_1 en el diagrama eléctrico, haga las conexiones y ajustes de los interruptores necesarios en el módulo Carga resistiva. Los terminales de la sección de resistores del módulo que se usan para implementar R_1, corresponden a los terminales A y B.

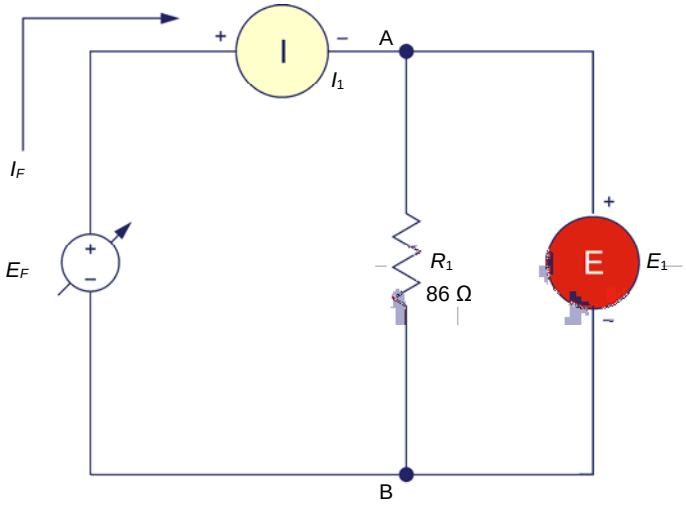
– Fije el multímetro 1 para medir corriente cc y conéctelo en serie con el resistor R_1. Verifique la polaridad de los terminales.

– Fije el multímetro 2 para medir tensión cc y conéctelo a través (en paralelo) del resistor. Tenga cuidado de observar la polaridad de los terminales.

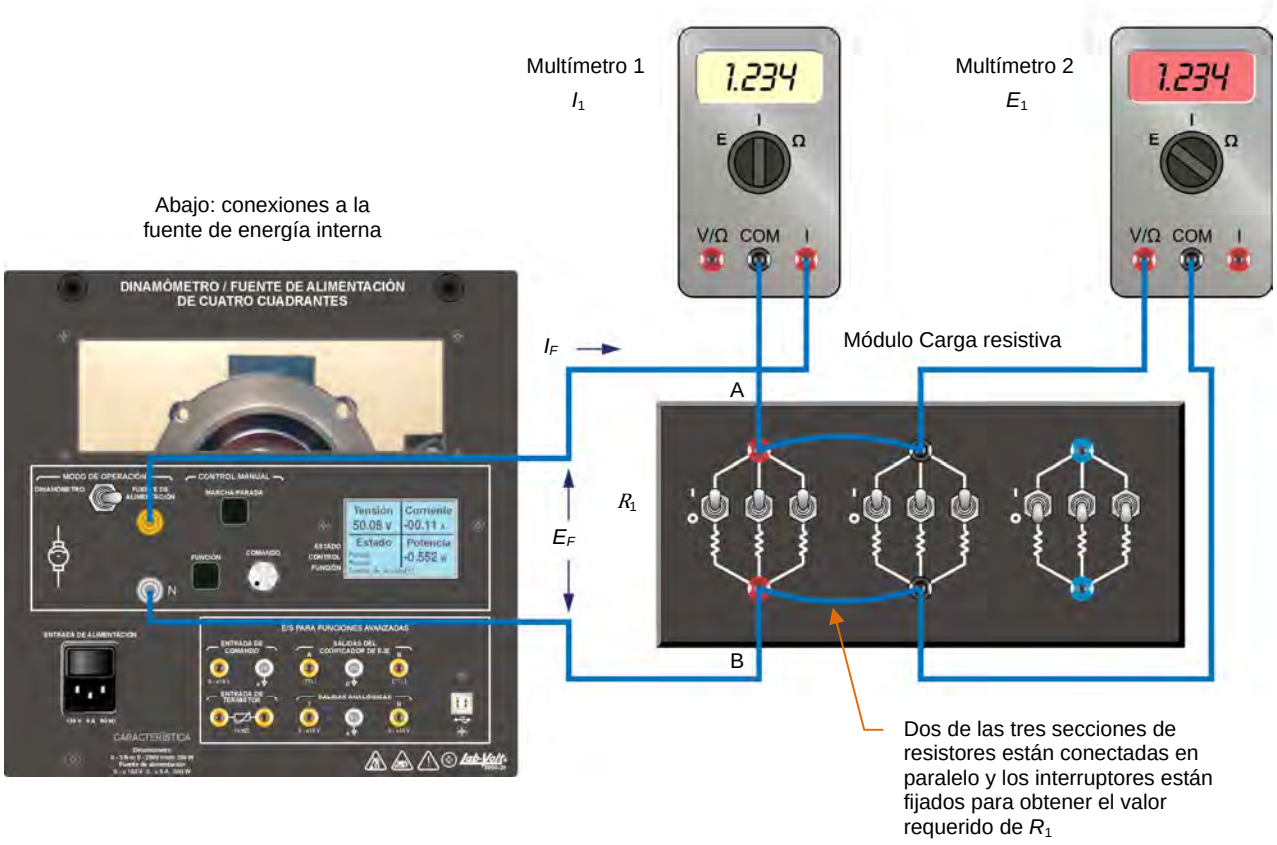
El apéndice C de este manual presenta los ajustes de los interruptores en el módulo Carga resistiva para introducir diferentes valores de resistencia en el circuito. Por ejemplo, para introducir una resistencia equivalente de 86 Ω en el circuito, se deben conectar dos secciones de resistores del módulo Carga resistiva en paralelo, y los interruptores de palanca asociados con las resistencias R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 y R_6 en estas secciones se deben fijar en la posición I (encendido). El concepto de resistencia equivalente será estudiado en detalle en el siguiente ejercicio.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

2. Coloque el interruptor *Entrada de potencia* en la posición *I* para encender el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.



a) Diagrama eléctrico



b) Diagrama de conexiones

Figura 13. Configuración para la medición de tensión y corriente.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

3. Haga los siguientes ajustes en la fuente del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes:

   – Coloque el interruptor *Modo de operación* en *Fuente de alimentación*. Esto conecta la fuente de energía interna del módulo a los terminales del panel frontal de la *Fuente de alimentación*.

   – Utilice el botón *Función* para seleccionar el modo de operación *Fuente de tensión (+)*. El modo de operación seleccionado aparece en el visualizador del módulo. Si selecciona este modo, la fuente de energía interna funciona como fuente de tensión positiva. Cuando el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes opera como fuente de tensión positiva, la tensión en el terminal amarillo es positiva con respecto a la del blanco (neutro N).

   – Fije la tensión de la fuente en 50 V utilizando la perilla *Comando*. Esta tensión aparece en el visualizador del módulo. Observe que la tensión indicada está titilando. Esto ocurre porque la salida de la fuente de energía interna está desactivada. Es posible activar la salida de la fuente de energía interna presionando el botón *Arranque/Parada*. Esto se hará en la siguiente sección del procedimiento.

Gráfico de la corriente de la fuente en función de la tensión de la fuente

En esta sección, se aumentará gradualmente (por pasos) la tensión de la fuente de tensión positiva. Para cada valor se registrarán la tensión y la corriente indicadas por el voltímetro y el amperímetro respectivamente. Esto le permitirá graficar la corriente de la fuente.

4. En el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes, active la salida de la fuente de energía interna, presionando el botón *Arranque/Parada*. El visualizador indica *En marcha*, lo cual confirma que la fuente de energía interna está encendida.

5. Observe que la tensión indicada por el voltímetro (E_1) es prácticamente la misma que la de la fuente que aparece en el visualizador del módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

   Observe también, que la corriente indicada por el amperímetro (I_1) es prácticamente la misma que la corriente de la fuente (I_F) que aparece en el visualizador del módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. ¿Es ésta su observación?

   ❑ Sí ❑ No

6. Fije la tensión de la fuente en 0 V, girando la perilla *Comando* de la fuente totalmente a la izquierda.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

7. Complete la tabla 1. Para hacer esto, incremente la tensión de la fuente, tomando medidas de 0 a 50 V. Siete u ocho medidas serán suficientes. Para cada medida, registre la tensión de la fuente y la corriente de la fuente en la tabla.

Tabla 1. Tensiones y corrientes medidas.

Tensión E_F (V)	Corriente I_F (A)
0	0
50	

8. A partir de los resultados registrados en la tabla 1, grafique en la figura 14 la corriente de la fuente I_F, en función de la tensión de la fuente E_F.

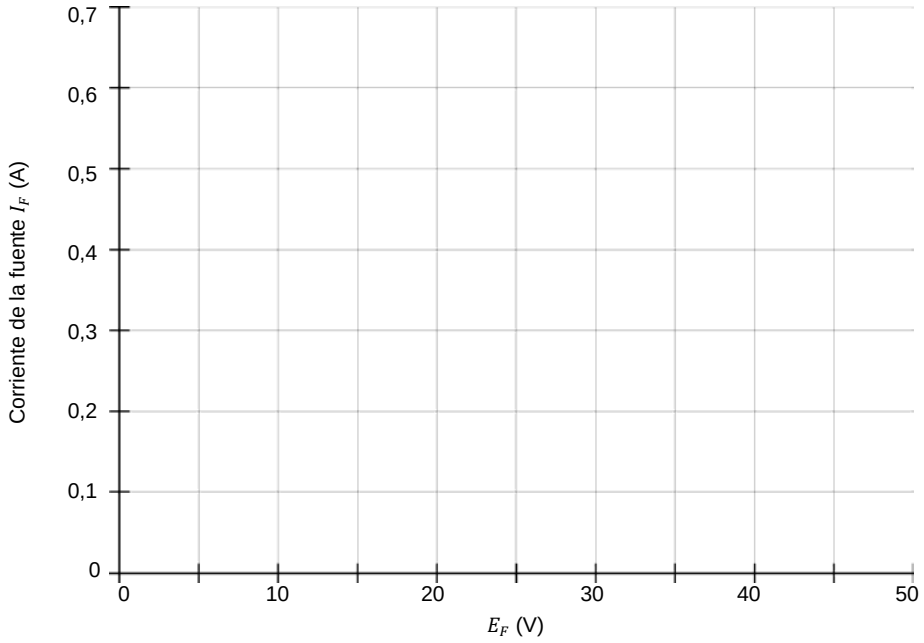


Figura 14. Corriente de la fuente I_F en función de la tensión de la fuente E_F.

De acuerdo a la curva obtenida, ¿la corriente de la fuente varía de forma directamente proporcional a la tensión de la fuente (la corriente se duplica, se triplica, etc. cuando la tensión se duplica, triplica)?

❑ Sí ❑ No

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

9. Calcule la proporción de E_F / I_F para diferentes valores de tensión/corriente. ¿Es esta proporción aproximadamente igual al valor del resistor R_1, usado en el circuito?

_____

_____

10. Calcule la proporción de E_F / R_1 para una tensión de la fuente, E_F de 50 V. ¿Es esta proporción igual a la corriente I_F registrada en la tabla 1 para esta tensión?

$\frac{E_F}{R_1} = I_F =$ _____ A

❑ Sí ❑ No

Demostración de la ley de Ohm mediante mediciones de tensión, corriente y resistencia

En esta sección, se demostrará la ley de Ohm mediante mediciones de tensión, corriente y resistencia en el circuito.

11. Modifique la posición de los interruptores en el módulo Carga resistiva para que el valor de R_1 sea 100 Ω. (Consulte el apéndice C para encontrar la configuración de los interruptores que se debe realizar en el módulo Carga resistiva).

Luego, reajuste la tensión de la fuente hasta que la corriente de la fuente I_F sea igual a 0,4 A. Registre esa tensión.

$E_F =$ _____ V

¿Es E_F igual al producto de $I_F \times R_1$?

❑ Sí ❑ No

12. Ajuste la tensión de la fuente E_F a 30 V.

13. Calcule la resistencia equivalente requerida para permitir que circule una corriente I_F de 0,25 A en el circuito, con una tensión de la fuente E_F de 30 V.

$R_{EQ.} = \frac{E_F}{I_F} =$ _____ Ω

14. Modifique la posición de los interruptores en el módulo Carga resistiva, para permitir que circule una corriente I_F igual a 0,25 A, aproximadamente.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

15. Coloque el interruptor *Entrada de potencia* en la posición *O* para apagar el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

Mida la resistencia equivalente usada para que circule una corriente I_F de 0,25 A en el paso anterior:

ATENCIÓN

Al medir la resistencia de un componente, asegúrese de que la fuente de tensión esté apagada y que el componente se encuentre desconectado del circuito para no dañar el ohmímetro.

- Desconecte el circuito, excepto los dos cables que se encuentran conectando las secciones de resistores que usó en el módulo Carga resistiva, teniendo cuidado de no cambiar la posición de los interruptores de dicho módulo. Devuelva los otros cables a sus lugares de almacenamiento.
- Fije un multímetro para medir resistencia (modo ohmímetro).
- Para medir la resistencia equivalente, conecte el ohmímetro a los terminales de una de las secciones de resistores que usó en el módulo Carga resistiva. Apunte abajo la lectura del ohmímetro.

$R_{EQ.} =$ _____ Ω

¿Es la resistencia medida aproximadamente igual a la resistencia calculada en el paso 13?

❑ Sí ❑ No

16. Desconecte todos los cables y multímetros y guárdelos en su sitio de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio usted realizó mediciones de tensión, corriente y resistencia, para demostrar la ley de Ohm. Comprobó que la ley de Ohm permite calcular la tensión, la corriente o la resistencia del circuito, cuando se conocen dos de estas tres variables.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Un voltímetro con una resistencia interna de 100 000 ohmios tendría menos efecto en la operación de un circuito, que un voltímetro con una resistencia interna de 1 000 000 ohmios? ¿Por qué?

_____

_____

_____

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

2. Un amperímetro tiene una resistencia interna igual a la resistencia equivalente del circuito en el que se debe medir la corriente. ¿Qué pasará con la corriente cuando se coloque el amperímetro en el circuito? Explique.

3. Qué significa “diferencia de potencial” (tensión) cuando se está hablando de una batería o de una fuente de energía cc? ¿Cómo se utiliza esta diferencia de potencial (tensión) en los circuitos eléctricos?

4. ¿Cuál es la resistencia de un circuito en el que circula una corriente cc de 0,25 A cuando se aplica una tensión cc de 50 V al circuito?

5. ¿Cuál es la tensión requerida en un resistor de 15 Ω para hacer que una corriente cc de 3 A fluya a través del mismo?

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Resistencia equivalente

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando usted haya completado este ejercicio podrá determinar la resistencia equivalente de una combinación de resistores en serie, en paralelo o en serie-paralelo. Usted también podrá explicar el concepto de **resistencia equivalente**.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Introducción
- Resistores en serie
- Resistores en paralelo
- El módulo de Carga resistiva

PRINCIPIOS

Introducción

La mayoría de los circuitos eléctricos contienen diferentes combinaciones de resistores conectados en serie, paralelo o en serie-paralelo. Estas combinaciones se pueden representar por una sola resistencia equivalente.

El valor de la resistencia equivalente depende de la resistencia de cada resistor individual y de la manera de conectar los resistores entre sí.

Resistores en serie

Cuando dos o más resistores están conectados en serie, la resistencia total es igual a la suma de los valores de los resistores.

La figura 15 muestra un ejemplo, en el cual un resistor de 5 ohmios (5 Ω) está conectado en serie con un resistor de 20 Ω.

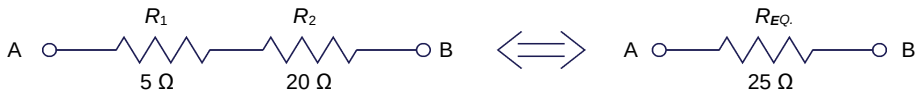


Figura 15. Resistores conectados en serie.

La resistencia equivalente entre los terminales A y B es igual a 5 Ω + 20 Ω = 25 Ω.

Esto implica que los dos resistores entre los terminales A y B se pueden reemplazar por un resistor de 25 Ω. Este resistor corresponde a la resistencia equivalente $R_{EQ.}$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Cálculo de la resistencia equivalente

Use la ecuación (4) para calcular la resistencia equivalente de un número de resistores conectados en serie.

$$R_{EQ.} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \cdots + R_n \quad (4)$$

Resistores en paralelo

Cuando dos o más resistores están conectados en paralelo entre dos terminales, la resistencia equivalente siempre será menor que el valor del resistor con la menor resistencia.

La figura 16 muestra un ejemplo. Antes de conectar el resistor R_2 al circuito, la resistencia entre los terminales A y B es igual a 5 Ω (R_1).

Cuando se conecta el resistor de 20 Ω (R_2) en paralelo con R_1, la resistencia entre los terminales A y B disminuye por debajo de la de R_1. Esto ocurre, porque al añadir R_2 al circuito, se crea otro camino para que la corriente fluya.

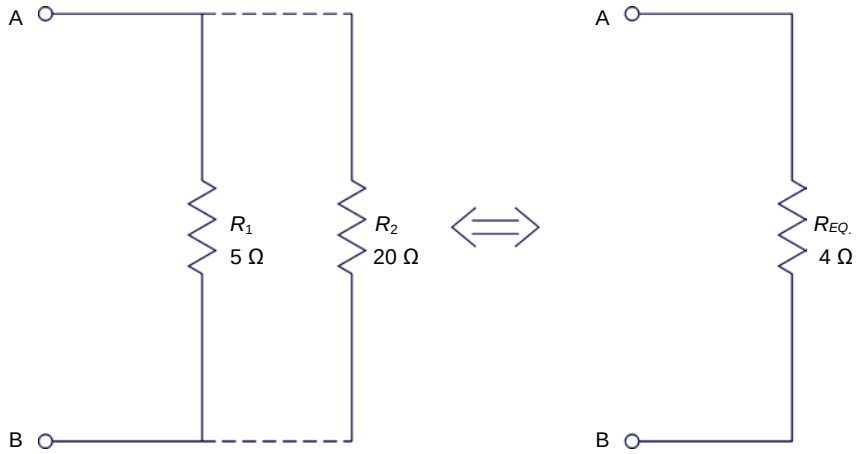


Figura 16. Resistores conectados en paralelo.

La corriente eléctrica, al igual que el agua, fluye por el camino que encuentra disponible. Cuando un solo resistor está conectado a una fuente de tensión, la corriente puede fluir únicamente a través de este resistor, mientras que si se añade un segundo resistor en paralelo con el primero, podrá fluir más corriente a través del circuito, lo que significa que la resistencia efectiva del circuito disminuye.

Por ejemplo, cuando dos resistores del mismo valor se encuentran conectados en paralelo, la misma cantidad de corriente fluye a través de cada uno. Por lo tanto, si se conecta un resistor en paralelo con otro del mismo valor, la corriente que circula a través del circuito se duplicará y la resistencia equivalente disminuirá a la mitad.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

De la misma manera, si se conecta un tercer resistor en paralelo, la corriente del circuito se triplicará (con respecto al valor inicial), mientras que la resistencia equivalente del circuito disminuirá a un tercio de la resistencia original. Esta relación, es válida para cualquier número de resistores iguales.

Cálculo de la resistencia equivalente

Use la ecuación (5) para calcular la resistencia equivalente de un cierto número de resistores conectados en paralelo.

$$\frac{1}{R_{EQ.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \ldots + \frac{1}{R_n} \quad (5)$$

Cuando hay únicamente dos resistores en paralelo, la ecuación (5) se convierte en:

$$R_{EQ.} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

Por ejemplo, la resistencia equivalente de 20 Ω conectado en paralelo con 5 Ω es:

$$R_{EQ.} = \frac{20\ \Omega \times 5\ \Omega}{20\ \Omega + 5\ \Omega} = \frac{100\ \Omega}{25\ \Omega} = 4\ \Omega$$

El cálculo de arriba implica que los resistores R_1 y R_2 de la figura 16 se pueden reemplazar por un solo resistor equivalente $R_{EQ.}$ de 4 Ω.

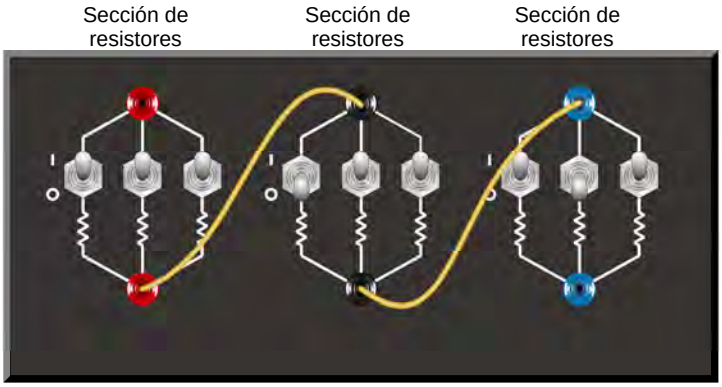
El módulo de Carga resistiva

Como se mencionó en el ejercicio anterior, el módulo de Carga resistiva, modelo 8311, consta de tres secciones idénticas. La figura 17 muestra este módulo.

Cada sección cuenta con tres resistores de diferentes valores.

Dos resistores, o los tres, de cada sección, se pueden poner en paralelo para obtener distintos valores de resistencia. Por otra parte, las secciones de resistores se pueden conectar en serie, paralelo o serie-paralelo para obtener diferentes configuraciones de circuitos. La figura 17 muestra las distintas combinaciones posibles de resistores.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden



Leyenda: R_S = sección de resistores

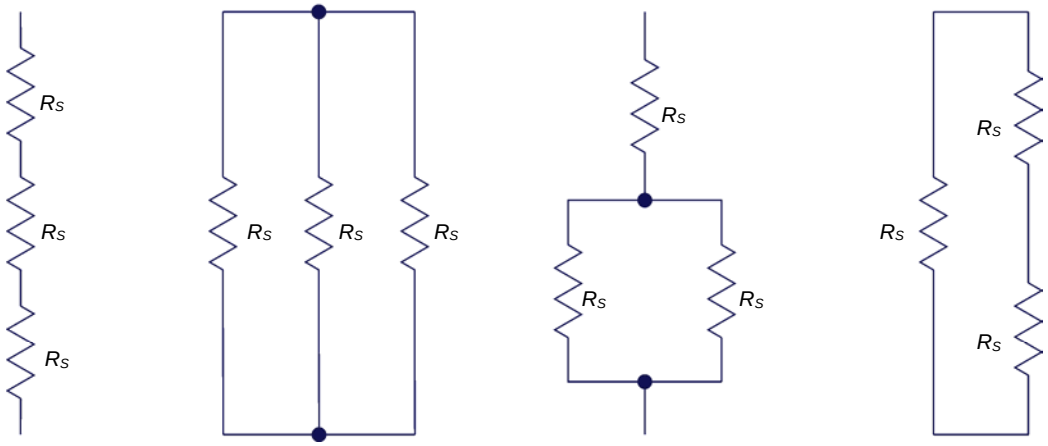


Figura 17. Dos resistores, o los tres, de cada sección se pueden configurar en paralelo. Por otra parte, es posible conectar los grupos de resistores en serie, paralelo o serie-paralelo para obtener diferentes configuraciones de circuitos.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento está dividido en las siguientes secciones:

- Instalación y conexiones
- Resistores en serie
- Resistores en paralelo
- Resistores en serie-paralelo (caso 1)
- Resistores en serie-paralelo (caso 2)

PROCEDIMIENTO

Instalación y conexiones

En esta sección, instalará un circuito que contiene dos resistores en serie. Conectará y fijará un multímetro para medir tensión cc a través de los resistores.

1. Para obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte la Tabla de utilización del equipo que se encuentra en el apéndice A.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Instale el equipo requerido en el Puesto de trabajo.

Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal de la fuente del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes esté colocado en la posición *O* (apagado). Luego conecte la *Entrada de potencia* a un enchufe de pared de corriente alterna.

Instale el circuito en serie mostrado en la figura 18. Para obtener la disposición de los resistores de la figura 18, haga las conexiones y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con los dos resistores. Tenga en cuenta las polaridades del instrumento.

Tenga en cuenta que en este ejercicio los valores de resistencia mostrados en las figuras, son resistencias equivalentes. Para obtener estos valores de resistencia con el módulo de Carga resistiva, es posible que tenga que conectar dos o más resistores en paralelo en una sección de resistores. El apéndice C de este manual, presenta los ajustes de los interruptores necesarios para obtener los distintos valores de resistencia usados en este ejercicio.

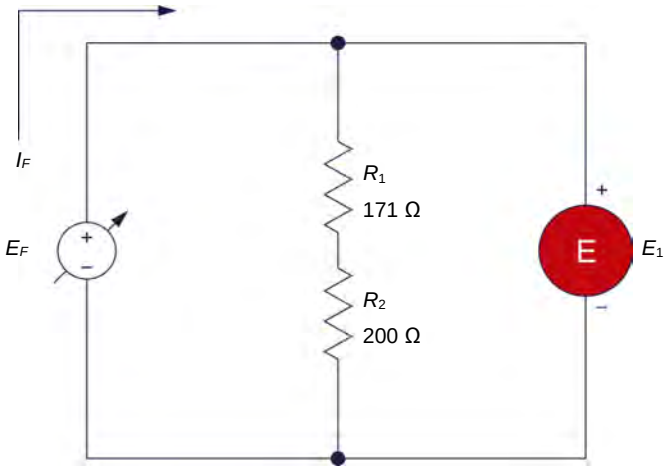


Figura 18. Determinación de la resistencia equivalente de resistores conectados en serie.

2. Coloque el interruptor *Entrada de potencia* en la posición *I* (encendido) para encender el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

3. Haga los siguientes ajustes en la fuente del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes:

   – Coloque el interruptor *Modo de operación* en *Fuente de alimentación*. Esto conecta la fuente de energía interna del módulo a los terminales del panel frontal de la *Fuente de alimentación*.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

- Utilice el botón *Función* para seleccionar el modo de operación *Fuente de tensión (+)*. El modo de operación seleccionado aparece en el visualizador del módulo. Si selecciona este modo, la fuente de energía interna funciona como fuente de tensión positiva. Cuando el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes opera como fuente de tensión positiva, la tensión en el terminal amarillo es positiva con respecto a la del blanco (neutro N).

- Fije la tensión de la fuente de tensión positiva en 50 V utilizando la perilla *Comando*. Esta tensión aparece en el visualizador del módulo. Observe que la tensión indicada está titilando. Esto ocurre porque la salida de la fuente de energía interna está desactivada.

Resistores en serie

En esta sección, calculará la resistencia equivalente de los resistores conectados en serie. Luego, medirá la tensión en estos resistores y la corriente a través de ellos para determinar su resistencia equivalente con la ley de Ohm. Comparará su resultado con la resistencia equivalente calculada. Por último, medirá la resistencia equivalente con un ohmímetro.

4. Calcule la resistencia equivalente ($R_{EQ.}$) de los resistores conectados en serie R_1 y R_2 mostrados en la figura 18.

$R_{EQ.} = R_1 + R_2 =$ _____ Ω

5. Pulse el botón *Arranque/Parada* para activar la salida de la fuente de alimentación. El visualizador indica *En marcha*, lo cual confirma que la salida de la fuente de energía interna está energizada.

Apunte abajo la tensión que indica el voltímetro E_1 y la corriente de la fuente I_F, que aparece en el visualizador del módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. Luego calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$.

$E_1 =$ _____ V

$I_F =$ _____ A

$R_{EQ.} = \frac{E_1}{I_F} =$ _____ Ω

6. Mida la resistencia equivalente ($R_{EQ.}$) de los resistores conectados en serie R_1 y R_2, usando el procedimiento descrito abajo.

ATENCIÓN

Al medir la resistencia de un componente, asegúrese de que la fuente de tensión esté apagada y que el componente se encuentre desconectado del circuito para no dañar el ohmímetro.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para desactivar la salida de la fuente de energía interna. Asegúrese de que el visualizador indica *Parado*, confirmando de tal modo que la salida de la fuente está desactivada y la ausencia de energía.

Desconecte el multímetro usado como voltímetro del circuito y fíjelo para medir resistencia.

Como muestra la figura 19, desconecte los resistores de la fuente de tensión positiva y conecte el ohmímetro a través de los resistores.

Registre abajo la lectura del ohmímetro.

$R_{EQ.} =$ _____ Ω

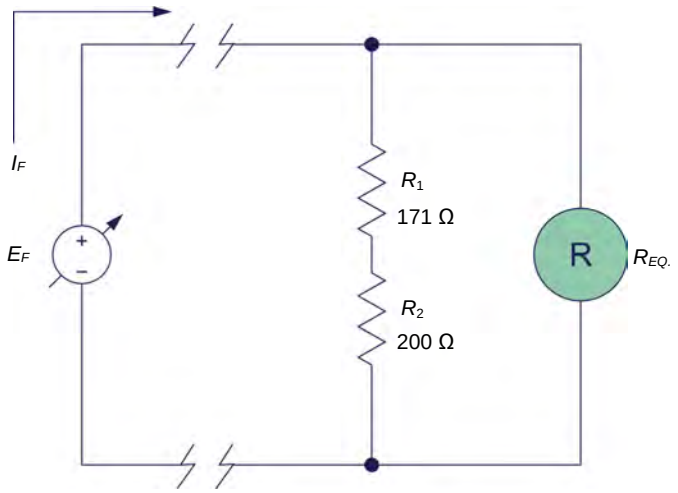


Figura 19. Medición de la resistencia equivalente de resistores conectados en serie.

7. Las resistencias equivalentes calculadas y medidas en los pasos 4, 5 y 6, ¿son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

Resistores en paralelo

En esta sección, instalará un circuito que contiene tres resistores conectados en paralelo. Primero calculará la resistencia equivalente de estos resistores. Luego medirá la tensión en los resistores y la corriente de la fuente para determinar la resistencia equivalente utilizando la ley de Ohm. Comparará su resultado con la resistencia equivalente calculada. Por último, medirá la resistencia equivalente con un ohmímetro.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

8. Instale el circuito en paralelo mostrado en la figura 20. Para obtener la disposición de los resistores de la figura 20, haga la(s) conexión(ones) y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con los resistores. Tenga en cuenta las polaridades del instrumento.

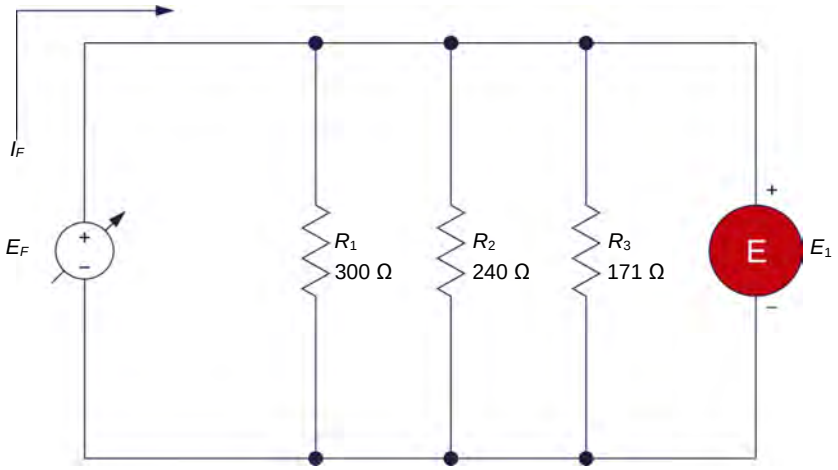


Figura 20. Cálculo de la resistencia equivalente de resistores conectados en paralelo.

9. Calcule la resistencia equivalente ($R_{EQ.}$) de los resistores conectados en paralelo R_1, R_2 y R_3 mostrados en la figura 20.

$\frac{1}{R_{EQ.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} =$ _____ Ω

$R_{EQ.} =$ _____ Ω

10. Pulse el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para encender la fuente de potencia interna. Asegúrese de que la tensión de la fuente E_F, indicada en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes, sea 50 V.

Apunte abajo la tensión que indica el voltímetro E_1 y la corriente de la fuente I_F, que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. Luego calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$.

$E_1 =$ _____ V

$I_F =$ _____ A

$R_{EQ.} = \frac{E_1}{I_F} =$ _____ Ω

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

11. Mida la resistencia equivalente ($R_{EQ.}$) de los resistores conectados en paralelo R_1, R_2, y R_3, usando el procedimiento dado a continuación.

Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para apagar la fuente de energía interna. Asegúrese de que el visualizador indica *Parado*, con el fin de confirmar la ausencia de energía.

ATENCIÓN

Al medir la resistencia de un componente, asegúrese de que la fuente de tensión esté apagada y que el componente se encuentre desconectado del circuito para no dañar el ohmímetro.

Desconecte el multímetro usado como voltímetro del circuito y fíjelo para medir resistencia.

Desconecte los resistores en paralelo de la fuente de tensión positiva y conecte el ohmímetro a través de ellos para medir la resistencia equivalente $R_{EQ.}$.

Apunte abajo la lectura del ohmímetro.

$R_{EQ.} =$ _____ Ω

12. Las resistencias equivalentes calculadas y medidas en los pasos 9, 10 y 11, ¿son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

Resistores en serie-paralelo (caso 1)

En esta sección, calculará la resistencia equivalente de resistores conectados en serie-paralelo. Luego, medirá la tensión en estos resistores y la corriente que los atraviesa para determinar su resistencia equivalente usando la ley de Ohm. Comparará su resultado con la resistencia equivalente calculada. Por último, medirá la resistencia equivalente con un ohmímetro.

13. Conecte el circuito serie-paralelo mostrado en la figura 21. Para obtener la disposición de los resistores de la figura 21, haga la(s) conexión(ones) y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con los resistores. Tenga en cuenta las polaridades del instrumento.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

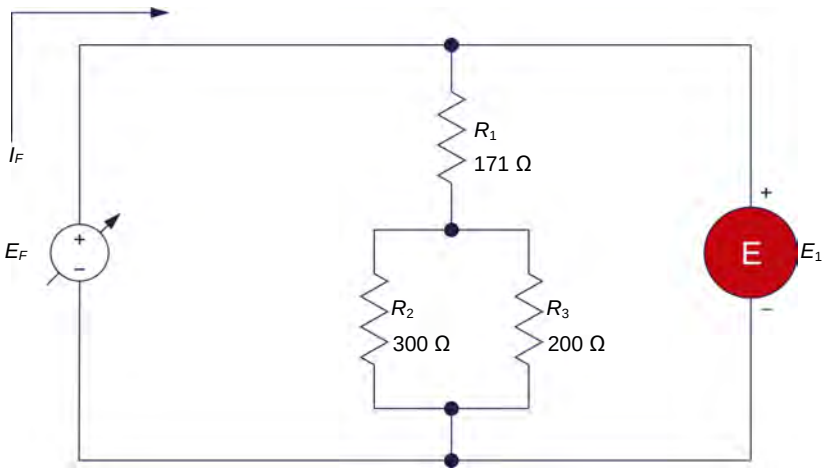


Figura 21. Determinación de la resistencia equivalente de resistores conectados en serie-paralelo (caso 1).

14. Calcule la resistencia equivalente de los resistores conectados en serie-paralelo R_1, R_2 y R_3, mostrados en la figura 21.

$$R_{EQ.} = R_1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}\right) = _____ \ \Omega$$

15. Pulse el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para encender la fuente de energía interna. Asegúrese de que la tensión de la fuente E_F, que aparece en el visualizador, sea de 50 V.

Apunte abajo la tensión que indica el voltímetro E_1 y la corriente de la fuente I_F, que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. Luego calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$.

$E_1 =$ _____ V

$I_F =$ _____ A

$R_{EQ.} = \frac{E_1}{I_F} =$ _____ Ω

16. Mida la resistencia equivalente ($R_{EQ.}$) de los resistores en serie-paralelo usando el procedimiento dado a continuación.

ATENCIÓN

Al medir la resistencia de un componente, asegúrese de que la fuente de tensión esté apagada y que el componente se encuentre desconectado del circuito para no dañar el ohmímetro.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para apagar la fuente de energía interna. Asegúrese de que el visualizador indica *Parado*, con el fin de confirmar la ausencia de energía.

Desconecte el multímetro usado como voltímetro del circuito y fíjelo para medir resistencia.

Desconecte los resistores serie-paralelo de la fuente de tensión positiva y conecte el ohmímetro a través de ellos para medir la resistencia equivalente $R_{EQ.}$.

Apunte abajo la lectura del ohmímetro.

$R_{EQ.} =$ _____ Ω

17. Las resistencias equivalentes calculadas y medidas en los pasos 14, 15 y 16, ¿son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

Resistores en serie-paralelo (caso 2)

En esta sección, calculará la resistencia equivalente de los resistores conectados en serie-paralelo. Luego, medirá la tensión a través de estos resistores y la corriente que los atraviesa para determinar su resistencia equivalente, usando la ley de Ohm. Comparará su resultado con la resistencia equivalente calculada. Por último, medirá la resistencia equivalente con un ohmímetro.

18. Conecte el circuito serie-paralelo mostrado en la figura 22. Para obtener la disposición de los resistores de la figura 22, haga las conexiones y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con los resistores. Tenga en cuenta las polaridades del instrumento.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

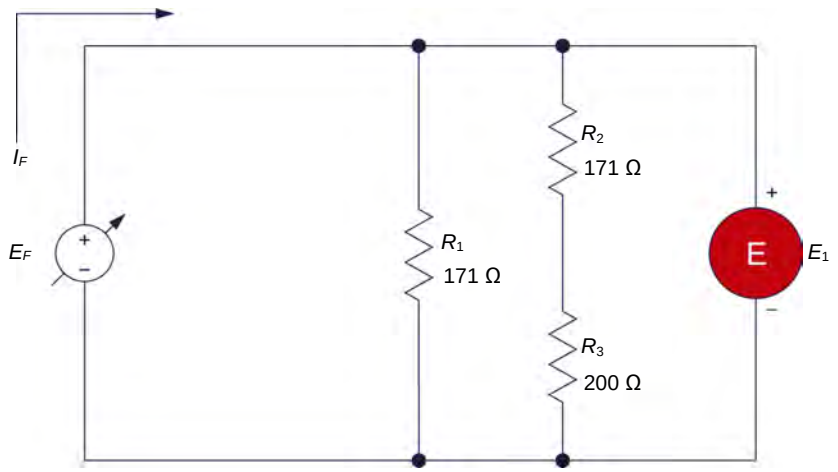


Figura 22. Cálculo de la resistencia equivalente de resistores conectados en serie-paralelo (caso 2).

19. Calcule la resistencia equivalente ($R_{EQ.}$) de los resistores conectados en serie-paralelo R_1, R_2 y R_3, mostrados en la figura 22.

$$R_{EQ.} = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2+R_3}} = _____ \Omega$$

20. Pulse el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para encender la fuente de energía interna. Asegúrese de que la tensión de la fuente E_F, que aparece en el visualizador, sea de 50 V.

Apunte abajo la tensión que indica el voltímetro E_1 y la corriente de la fuente I_F, que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. Luego calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$.

$E_1 =$ _____ V

$I_F =$ _____ A

$R_{EQ.} = \frac{E_1}{I_F} =$ _____ Ω

21. Mida la resistencia equivalente ($R_{EQ.}$) de los resistores en serie-paralelo usando el procedimiento dado a continuación.

ATENCIÓN

Al medir la resistencia de un componente, asegúrese de que la fuente de tensión esté apagada y que el componente se encuentre desconectado del circuito para no dañar el ohmímetro.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para apagar la fuente de energía interna. Asegúrese de que el visualizador indica *Parado*, con el fin de confirmar la ausencia de energía.

Desconecte el multímetro usado como voltímetro del circuito y fíjelo para medir resistencia.

Desconecte los resistores en serie-paralelo de la fuente de tensión cc y conecte el ohmímetro a través de ellos.

Registre abajo la lectura del ohmímetro.

$R_{EQ.}$ = _____ Ω

22. Las resistencias equivalentes calculadas y medidas en los pasos 19, 20 y 21, ¿son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

23. Coloque el interruptor *Entrada de potencia* en la posición *O* para apagar el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. Desconecte todos los cables y multímetros y guárdelos en su sitio de almacenaje.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió cómo calcular y medir la resistencia equivalente de una combinación de resistores en serie, paralelo o en serie-paralelo.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Cuál es la fórmula general utilizada para calcular la resistencia equivalente de varios resistores conectados en serie?

_____

2. ¿Cuál es la fórmula general utilizada para calcular la resistencia equivalente de varios resistores conectados en paralelo?

_____

3. Observe la figura 20. Si los resistores R_1, R_2 y R_3 tienen un valor de 100 Ω cada uno, ¿cuál es la resistencia equivalente?

_____

_____

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

4. Observe la figura 21. Asuma que los resistores R_1, R_2 y R_3 tienen valores de 300 Ω, 171 Ω y 200 Ω, respectivamente. Si se conecta un resistor adicional de 100 Ω en paralelo a los tres resistores iniciales, ¿la resistencia equivalente aumentará, disminuirá o permanecerá igual? ¿Por qué?

5. ¿Cuál es la resistencia equivalente de un circuito compuesto por un resistor de 1 Ω conectado en serie con 100 resistores de 100 Ω cada uno conectados en paralelo?

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Potencia en circuitos cc

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando usted haya completado este ejercicio, estará en condiciones de calcular la potencia disipada en un circuito cc. También podrá comprobar y verificar sus cálculos de la potencia, realizando mediciones de tensión y corriente.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Energía y potencia
- Potencia eléctrica
- Fuente de potencia cc
- Conversión de potencia en un circuito cc
- Cálculo de la potencia

PRINCIPIOS

Energía y potencia

Energía es la capacidad de un cuerpo de realizar trabajo. En el sistema internacional de unidades (SI), la energía se mide en julios (J). Un julio (1 J) es igual a un vatio-segundo (1 W·s).

Potencia es la velocidad a la cual la energía es suministrada por una fuente o consumida por una carga para realizar trabajo.

Dependiendo del contexto en el que se usa, la potencia se puede describir como eléctrica, hidráulica, mecánica, nuclear, etc.

Potencia eléctrica

Una de las formas más comunes de potencia es la potencia eléctrica.

Muchos dispositivos de uso diario consumen potencia eléctrica: televisores, computadores, cocinas eléctricas, neveras, calentadores de agua, secadoras de ropa, sistemas de aire acondicionado, etc.

En las fábricas, las máquinas consumen potencia eléctrica para realizar tareas útiles como alimentar motores, hacer circular aire y líquidos, mover cilindros, etc.

En el SI de unidades, la potencia eléctrica se mide en vatios (W).

Un vatio (1 W) es la potencia necesaria para producir energía a una velocidad de 1 julio por segundo. Por lo tanto, 1 W = 1 julio por segundo (1 J/s).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Fuente de potencia cc

En circuitos cc, la potencia eléctrica es suministrada por una **fuente de tensión cc**. La potencia eléctrica de la fuente es capaz de impulsar electrones a través de un circuito y crear un flujo de corriente, de tal manera que cuanto más grande es la fuente de potencia, mayor es su capacidad de impulsar electrones a través del circuito para crear un flujo de corriente.

Como muestra la ecuación (7), la potencia proporcionada por una fuente es igual a la tensión suministrada multiplicada por la corriente entregada al circuito.

$$P = E \times I \tag{7}$$

donde P *es la potencia eléctrica proporcionada por la fuente, en vatios (W).*
E *es la tensión suministrada por la fuente, en voltios (V).*
I *es la corriente entregada al circuito por la fuente, en amperios (A).*

Conversión de potencia en un circuito cc

De acuerdo con la ley de la conservación de la energía, ésta no se puede crear ni destruir; sólo puede cambiar de forma. Por lo tanto, la potencia suministrada a un circuito eléctrico por una fuente cc es igual a la potencia consumida o disipada por todos los componentes resistivos del circuito:

- Normalmente, la mayoría de la potencia es consumida por un dispositivo llamado **carga** para realizar una función útil, tal como producir luz (lámpara) o un movimiento rotatorio (motor cc).

- Debido a la resistencia de los componentes del circuito, el resto de la potencia se disipa como calor en cada uno de los mismos.

La figura 23 muestra un circuito cc simple, en el que la carga se compone de dos resistores.

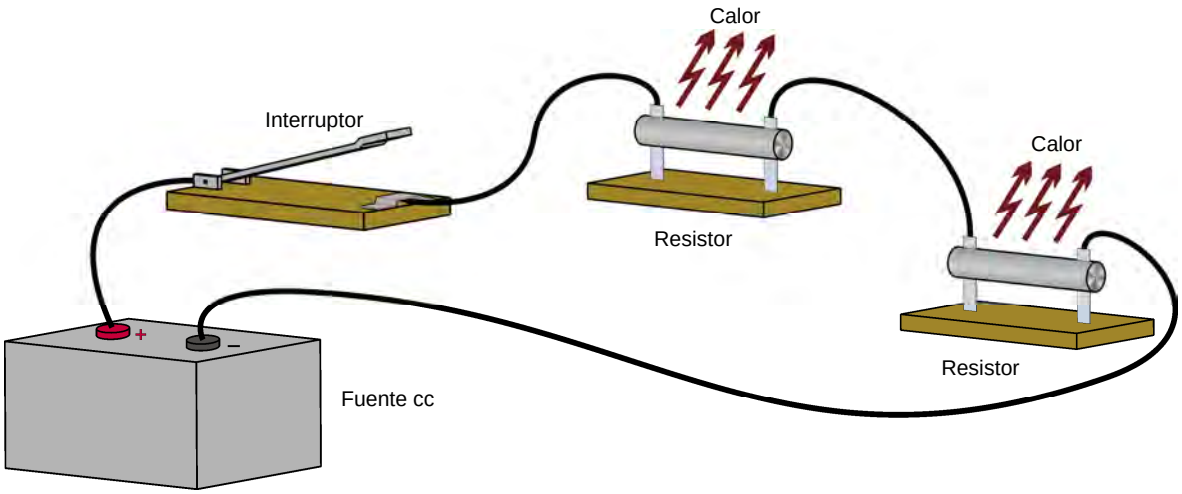


Figura 23. Conversión de potencia en un circuito eléctrico cc simple.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Cuando el interruptor está cerrado, se cierra un camino conductor entre el terminal positivo (+) y el negativo (-) de la batería, lo que permite el flujo de corriente a través de los resistores.

La mayoría de la potencia eléctrica que consumen los resistores se disipa en el aire en forma de calor debido a que estos componentes se oponen fuertemente al flujo de corriente.

Cuanto mayor es la potencia suministrada a los resistores, éstos más se calentarán. Si se supera cierto nivel de potencia, los resistores, e incluso los componentes cercanos, se podrían quemar.

Por esta razón, el tamaño de los resistores se diseña de acuerdo a la potencia que deben disipar, más allá de su valor de resistencia nominal. Así, los resistores que disipan grandes cantidades de potencia son más grandes que los que disipan pequeñas cantidades.

Por la misma razón, las lámparas **incandescentes** de 150 vatios son más grandes que las de 25 vatios: una lámpara más grande proporciona una mejor refrigeración por **convección** y **radiación**.

Cálculo de la potencia

La potencia consumida por un componente eléctrico, se puede calcular con la ecuación (8).

$$P = E \times I \tag{8}$$

donde P *es la potencia consumida, en vatios (W).*
E *es la caída de tensión a través del componente, en voltios (V).*
I *es la corriente que fluye a través del componente, en amperios (A).*

La ecuación (8) puede ser reescrita como:

$$E = \frac{P}{I} \tag{9}$$

o

$$I = \frac{P}{E} \tag{10}$$

Además, reemplazando E en la ecuación (8) por el producto IR, se llega a la ecuación (11):

$$P = IR \times I = I^2 \times R \tag{11}$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

O, reemplazando I en la ecuación (8) por la relación E/R, se llega a la ecuación (12):

$$P = E \times E/R = \frac{E^2}{R} \tag{12}$$

La figura 24 resume cómo calcular la potencia, corriente, resistencia o tensión cuando se conocen los valores de las dos otras variables.

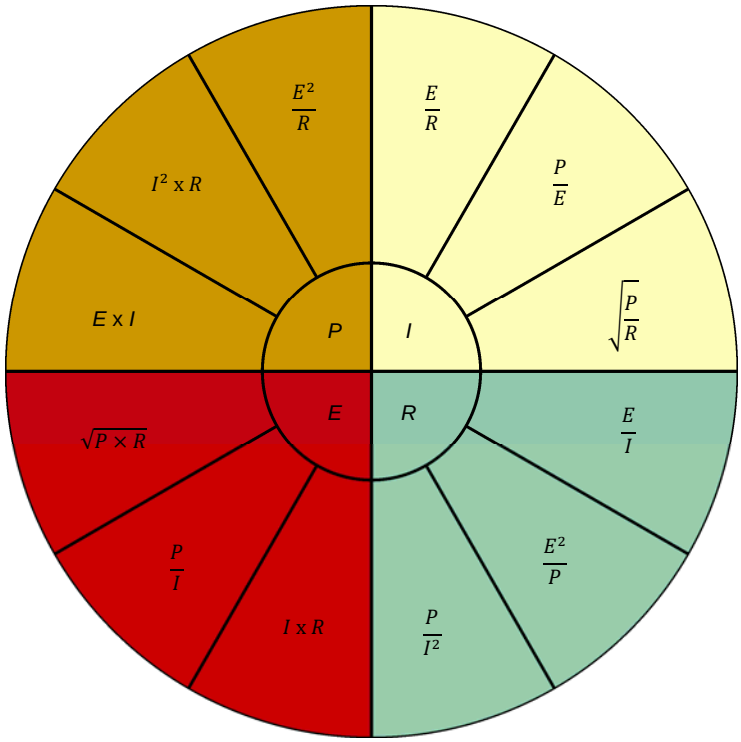


Figura 24. Cálculo de la potencia, corriente, resistencia o tensión cuando se conocen los valores de dos variables.

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento se divide en las siguientes secciones:

- Instalación y conexiones
- Medición de la potencia consumida por un resistor
- Medición de potencia en un circuito con los resistores en serie
- Medición de potencia en un circuito con los resistores en paralelo

PROCEDIMIENTO

Instalación y conexiones

En esta sección, examinará y determinará cuál de los resistores del módulo Carga resistiva puede soportar la mayor potencia. También instalará un circuito usado para medir la potencia consumida por un resistor.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

1. Para obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte la Tabla de utilización del equipo que se encuentra en el apéndice A.

   Instale el equipo requerido en el *Puesto de trabajo*.

   Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal de la fuente del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes esté fijado en la posición *O* (apagado). Luego conecte la *Entrada de potencia* a un enchufe de pared de corriente alterna.

   Conecte el circuito mostrado en la figura 25. Para obtener el valor de la resistencia (R_1) del circuito, haga las conexiones y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

   Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con el resistor. Tenga en cuenta las polaridades del instrumento.

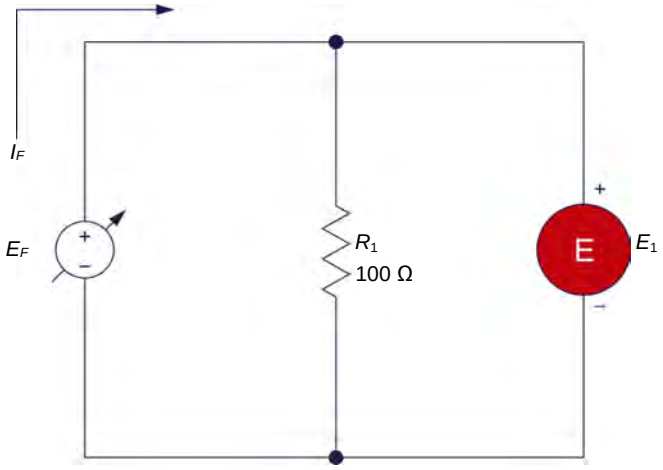


Figura 25. Medición de la potencia consumida por un resistor.

2. Coloque el interruptor *Entrada de potencia* en la posición *I* para encender el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

3. Haga los siguientes ajustes en la fuente del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes:

   – Coloque el interruptor *Modo de operación* en *Fuente de alimentación*. Esto conecta la fuente de potencia interna del módulo a los terminales del panel frontal de la *Fuente de alimentación*.

   – Utilice el botón *Función* para seleccionar el modo de operación *Fuente de tensión (+)*. El modo de operación seleccionado aparece en el visualizador del módulo. Si selecciona este modo, la fuente de potencia interna funciona como fuente de tensión positiva. Cuando el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes opera como fuente de tensión positiva, la tensión en el terminal amarillo es positiva con respecto a la del blanco (neutro N).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

– Fije la tensión de la fuente de tensión positiva en 50 V utilizando la perilla *Comando*. Esta tensión aparece en el visualizador del módulo. Observe que la tensión indicada está titilando. Esto ocurre porque la salida de la fuente de potencia interna está desactivada.

Medición de la potencia consumida por un resistor

En esta sección, verificará que la mayoría de la potencia consumida por un resistor se disipa en forma de calor. Encontrará la potencia consumida por el resistor midiendo la caída de tensión y el flujo de corriente. Después duplicará el valor de la resistencia y observará el efecto que esto tiene en la cantidad de potencia consumida.

4. Pulse el botón *Arranque/Parada* para activar la salida de la fuente de alimentación. El visualizador indica *En marcha*, lo cual confirma que la salida de la fuente de potencia interna está energizada.

5. Registre abajo la tensión que indica el voltímetro E_1, y la corriente de la fuente I_F, que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. Luego calcule la potencia consumida por el resistor P_{R1}.

$E_1 =$ _____ V

$I_F =$ _____ A

$P_{R1} = E_1 \times I_F =$ _____ W

6. Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para desactivar la salida de la fuente de potencia interna. Asegúrese de que el visualizador indica *Parado*, confirmando que la salida de la fuente está desactivada y la ausencia de potencia.

En el resto del ejercicio, utilice siempre el botón Arranque/Parada para activar o desactivar (encender o apagar) la fuente de alimentación interna.

Ponga su mano cerca de los resistores del módulo Carga resistiva y observe que algunos están calientes (aquellos por los que fluyó la corriente). Como los resistores se oponen al flujo de corriente, disipan potencia eléctrica en forma de calor.

ATENCIÓN

Tenga cuidado de no tocar los resistores puesto que algunos de ellos pueden estar muy calientes. El contacto con los resistores calientes puede provocar quemaduras.

7. Duplique la resistencia de R_1 modificando la(s) conexión(ones) y haciendo los cambios necesarios en los interruptores del módulo Carga resistiva. Deje el voltímetro conectado a R_1.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

8. Pulse el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para encender la fuente de potencia interna. Asegúrese de que la tensión de la fuente E_F, que aparece en el visualizador, sea de 50 V.

9. Registre la tensión que indica el voltímetro E_1 y la corriente de la fuente I_F, que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

$E_1 =$ _____ V

$I_F =$ _____ A

Compare los resultados medidos con los registrados previamente en el paso 5.

¿La tensión E_1, permanece igual cuando la resistencia se duplica?

❑ Sí ❑ No

¿La corriente de la fuente I_F, disminuye a la mitad cuando la resistencia se duplica?

❑ Sí ❑ No

10. Basado en la tensión y corriente medidas en el paso 9, calcule la potencia consumida por el resistor P_{R1} usando cada una de las fórmulas mostradas abajo.

$P_{R1} = E_1 \times I_F =$ _____ W

$P_{R1} = {I_F}^2 \times R =$ _____ W

$P_{R1} = \frac{{E_1}^2}{R} =$ _____ W

¿Las tres fórmulas dan aproximadamente los mismos resultados?

❑ Sí ❑ No

Compare la potencia calculada en este paso con la que había hallado en el paso 5. La potencia consumida por el resistor R_1, ¿disminuye a la mitad cuando la resistencia se duplica?

❑ Sí ❑ No

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Medición de potencia en un circuito con los resistores en serie

En esta sección, hará mediciones de potencia en un circuito que contiene dos resistores conectados en serie.

11. Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para apagar la fuente de potencia interna. Asegúrese de que el visualizador indica *Parado*, con el fin de confirmar la ausencia de energía.

12. Conecte el circuito mostrado en la figura 26. Para obtener la disposición de los resistores del circuito, haga la(s) conexión(ones) y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con el resistor R_1.

La tensión en el resistor R_2 se medirá por separado en otro paso. Por esta razón, en la figura 26 la conexión al voltímetro para E_{R2} se muestra como una línea discontinua.

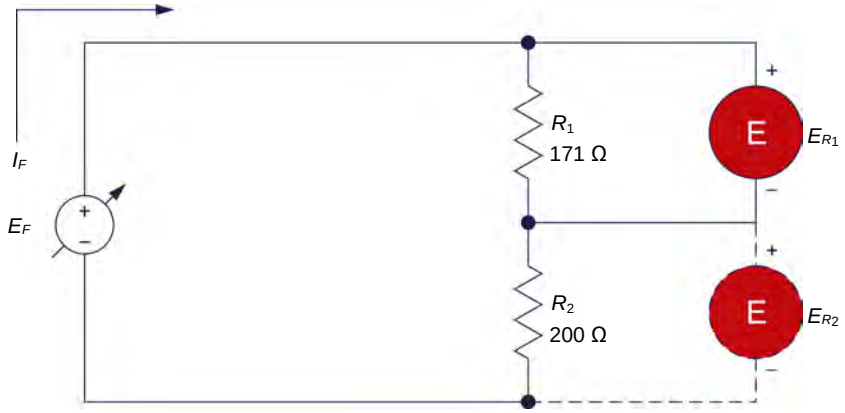


Figura 26. Medición de potencia en un circuito con los resistores en serie.

13. Pulse el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para encender la fuente de potencia interna. Asegúrese de que la tensión de la fuente E_F, que aparece en el visualizador, sea de 50 V.

14. En la tabla 2, registre la corriente de la fuente I_F, que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. Luego, registre la tensión indicada por el voltímetro E_{R1}.

Tabla 2. Medición de la corriente del circuito y la tensión en cada resistor para determinar la potencia total consumida por el circuito.

I_F (A)	E_{R1} (V)	E_{R2} (V)

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

15. Desconecte el voltímetro del resistor R_1 y conéctelo al resistor R_2, tal como se muestra en la figura 26.

16. En la tabla 2, registre la tensión indicada por el voltímetro E_{R2}.

17. Basado en la corriente de la fuente I_F y en las dos tensiones registradas en la tabla 2, calcule la potencia total P_T consumida por el circuito.

$P_T = (E_{R1} + E_{R2}) \times I_F =$ _____ W

18. Basado en la corriente de la fuente I_F registrada en la tabla 2 y en la tensión de la fuente E_F, de 50 V, calcule la potencia P_F suministrada por la fuente cc.

$P_F = E_F \times I_F =$ _____ W

19. ¿La potencia total consumida por el circuito es aproximadamente igual a la potencia suministrada por la fuente cc? Explique.

_____

_____

20. Aumente la tensión de la fuente E_S mediante la perilla Comando del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes, hasta que la tensión que muestra la pantalla sea de 62,5 V (esto corresponde a un aumento del 25%).

Registre la corriente de la fuente, I_S, que aparece en la pantalla del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

$I_F =$ _____ A

21. Usando la corriente registrada en el paso 21, calcule la potencia consumida por los resistores R_1 y R_2.

$P_1 = {I_F}^2 \times R_1 =$ _____ W

$P_2 = {I_F}^2 \times R_2 =$ _____ W

22. Basado en los resultados registrados en los pasos anteriores, calcule la potencia total P_T consumida por el circuito y la potencia P_S suministrada por la fuente cc.

$P_T = P_1 + P_2 =$ _____ W

$P_F = E_F \times I_F =$ _____ W

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Estas respuestas, ¿son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

Medición de potencia en un circuito con los resistores en paralelo

En esta sección hará mediciones de potencia en un circuito que contiene dos resistores conectados en paralelo.

23. Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para apagar la fuente de potencia interna. Asegúrese de que el visualizador indica *Parado*, con el fin de confirmar la ausencia de energía.

24. Conecte el circuito mostrado en la figura 27. Para obtener la disposición de los resistores del circuito, haga la(s) conexión(ones) y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con los resistores R_1 y R_2, como muestra la figura 27.

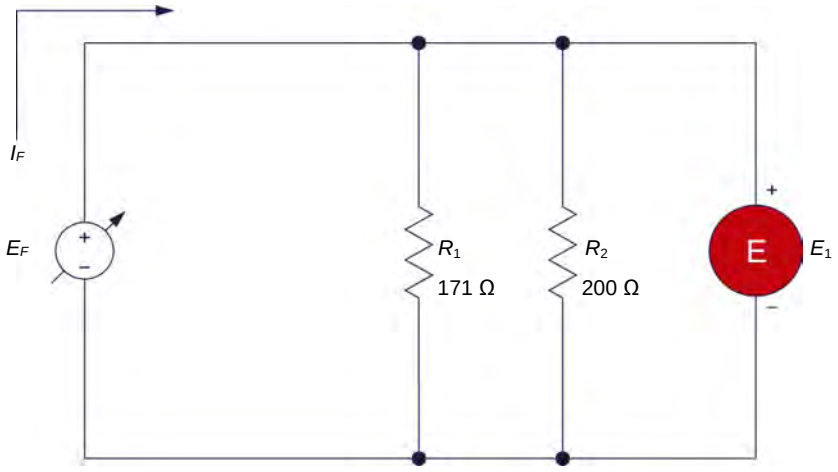


Figura 27. Medición de potencia en un circuito con los resistores en paralelo.

25. Dada una tensión de la fuente E_F de 50 V, calcule la potencia consumida por los resistores P_{R1} y P_{R2}. Luego, calcule la potencia total P_T consumida por el circuito.

$P_{R1} = \frac{{E_F}^2}{R_1} =$ _____ W

$P_{R2} = \frac{{E_F}^2}{R_2} =$ _____ W

$P_T = P_{R1} + P_{R2} =$ _____ W

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

26. Basado en el valor obtenido para P_T en el paso 26, con una tensión de la fuente E_F de 50 V y conociendo que la fuente cc suministra la potencia total consumida por el circuito, calcule la corriente de la fuente I_F.

$I_F = \frac{P_T}{E_F} =$ _____ A

27. Pulse el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para encender la fuente de potencia interna. Usando la perilla *Comando*, fije la tensión de la fuente E_F en 50 V.

28. Registre abajo la corriente de la fuente I_F, indicada en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. ¿Es esta corriente aproximadamente igual a la corriente calculada en el paso 27?

$I_F =$ _____ A

29. En el Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes, apague la fuente de alimentación interna pulsando el botón *Arranque/Parada*.

Retire todas las conexiones del circuito. Luego, devuelva todos los equipos al sitio de almacenamiento.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio aprendió cómo calcular la potencia disipada por resistores conectados en serie, en paralelo o en serie-paralelo en circuitos cc. Verificó sus cálculos de potencia realizando mediciones de tensión y corriente. Aprendió que la potencia suministrada por una fuente cc es igual a la potencia consumida o disipada por todos los elementos resistivos en el circuito eléctrico.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Qué es potencia? ¿Cómo se mide la potencia eléctrica en el sistema internacional de unidades (SI)?

2. Escriba tres fórmulas usadas para calcular potencia en un circuito cc, cuando se conocen dos de los siguientes parámetros: tensión, corriente y resistencia.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

3. Una lámpara tiene un filamento con una resistencia de 28,8 Ω. Calcule la potencia consumida por la lámpara cuando la tensión cc es de 12 V.

4. La resistencia de la superficie de la tierra en la base de una torre de transmisión es de 2 Ω. Si un rayo de 20 000 A (= 20 kA) golpea la torre ¿cuánta potencia se disipará en la superficie?

5. Un motor cc absorbe una corriente de 50 A a 230 V. El motor disipa 1200 W en forma de calor. ¿Cuánta potencia queda para que el motor realice trabajo mecánico?

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Circuitos serie y paralelo

OBJETIVO DEL EJERCICIO

Cuando complete este ejercicio, usted conocerá las reglas fundamentales que le permitirán resolver circuitos en serie y paralelo de gran complejidad. Estas reglas están directamente relacionadas con la ley de Ohm, con las leyes de Kirchhoff para la corriente y la tensión y con las fórmulas usadas para calcular la resistencia equivalente.

RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS

Los Principios de este ejercicio cubren los siguientes puntos:

- Leyes de Kirchhoff para la corriente y la tensión
- Simplificación de circuitos en serie
- Simplificación de circuitos en paralelo
- El principio del divisor de tensión
- El principio del divisor de corriente

PRINCIPIOS

Leyes de Kirchhoff para la corriente y la tensión

La ley de la tensión de Kirchhoff establece que “la suma algebraica de todas las tensiones en un circuito cerrado es igual a cero”.

La ley de corriente de Kirchhoff establece que “la suma de las corrientes que entran a un nodo, es igual a la suma de corrientes que salen del nodo”.

Simplificación de circuitos en serie

Los circuitos en serie se pueden simplificar usando las siguientes reglas:

1. Debido a que solo existe un camino para el flujo de corriente, el valor de la corriente que pasa por cada resistor es igual y corresponde al valor de la corriente que fluye en el circuito.

2. La tensión suministrada por la fuente es igual a la suma algebraica de las caídas de tensión a través de cada resistor en el circuito.

3. La resistencia equivalente en el circuito es igual a la suma de los valores de resistencia de cada resistor en el circuito.

El término “resistor” es usado en términos generales para designar cualquier componente del circuito que se opone al flujo de corriente y causa una caída de tensión.

La figura 28 muestra cómo usar las reglas enumeradas arriba, para simplificar un circuito compuesto por tres resistores conectados en serie.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

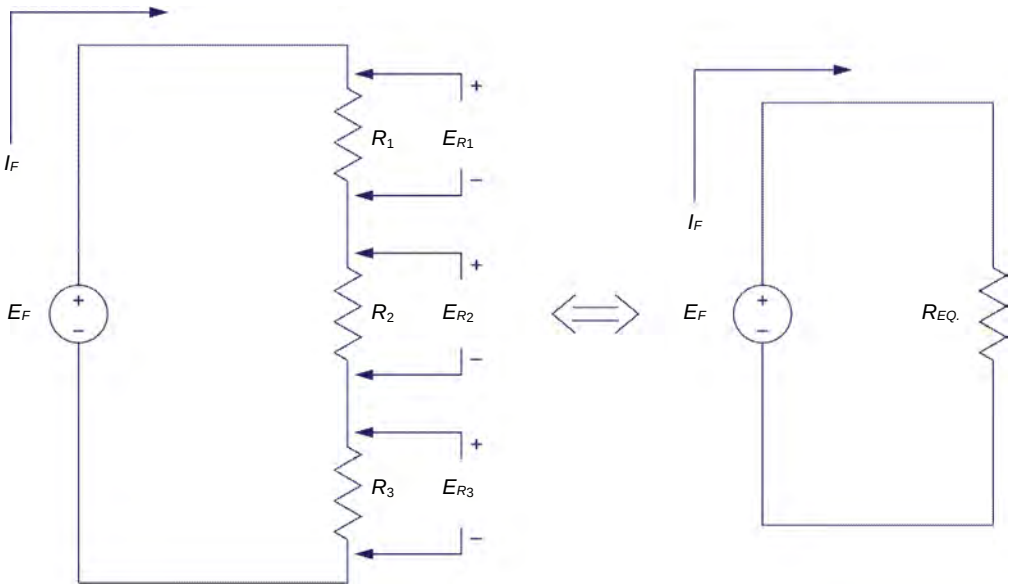


Figura 28. Simplificación de un circuito en serie.

De acuerdo a la Regla 1, una misma corriente I_F fluye a través de los resistores R_1, R_2 y R_3. De la ley de Ohm, se sabe que la caída de tensión E_R a través de cada resistor es

$$E_{R1} = I_F R_1$$

$$E_{R2} = I_F R_2$$

$$E_{R3} = I_F R_3$$

De acuerdo a la Regla 2, la tensión suministrada por la fuente E_F es igual a la suma de las caídas de tensión a través de cada resistor, por lo tanto,

$$E_F = E_{\mathrm{R1}} + E_{R2} + E_{R3}$$

o

$$E_F = I_F R_1 + I_F R_2 + I_F R_3$$

En la ecuación de más arriba, I_F es común a todos los términos. Por lo tanto, esta ecuación se puede escribir nuevamente de la siguiente forma:

$$E_F = I_F \left(R_1 + R_2 + R_3\right)$$

De acuerdo a la Regla 3, la resistencia equivalente del circuito $R_{EQ.}$, es igual a la suma de las resistencias de cada resistor:

$$R_{EQ.} = R_1 + R_2 + R_3$$

Esto lleva a

$$E_F = I_F R_{EQ.}$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Por lo tanto, el circuito se puede simplificar mediante una fuente de tensión E_F, conectada a un solo resistor $R_{EQ.}$, a través del cual fluye una corriente I_F, tal como se muestra en la figura 28.

Simplificación de circuitos en paralelo

Los circuitos en paralelo se pueden simplificar usando las siguientes reglas:

1. La corriente total suministrada por la fuente es igual a la suma de las corrientes que fluyen a través de las ramas del circuito.

2. Una misma tensión está presente a través de cada una de las ramas paralelas del circuito.

3. La inversa de la resistencia equivalente del circuito, es igual a la suma de las inversas de los valores de cada resistor.

La figura 29 muestra cómo usar las reglas enumeradas arriba, para simplificar un circuito compuesto por tres resistores conectados en paralelo.

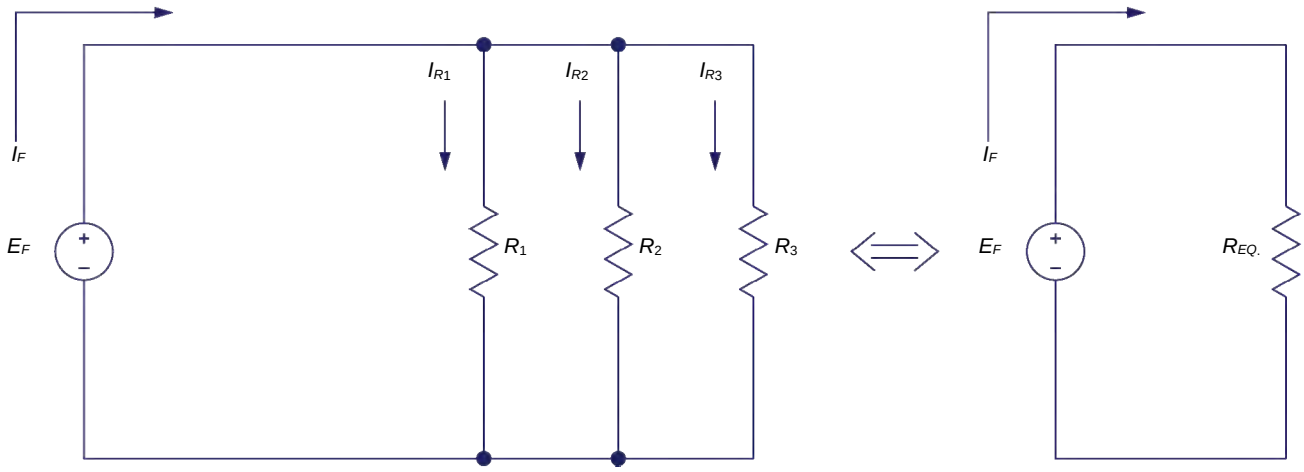


Figura 29. Simplificación de un circuito en paralelo.

De acuerdo a la Regla 1, la corriente total suministrada por la fuente I_F es igual a la suma de las corrientes que fluyen a través de las ramas paralelas del circuito (es este caso, a través de los resistores R_1, R_2 y R_3). Por lo tanto,

$$I_F = I_{\mathrm{R1}} + I_{R2} + I_{R3}$$

De acuerdo a la Regla 2, una misma tensión E_F está presente a través de cada resistor en paralelo. Basándose en esta regla y en la ley de Ohm, la ecuación de arriba se puede reescribir como:

$$I_F = \frac{E_F}{R_1} + \frac{E_F}{R_2} + \frac{E_F}{R_3}$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

En la ecuación de más arriba, E_F es común a todos los términos. Por lo tanto, esta ecuación se puede escribir nuevamente de la siguiente forma:

$$I_F = E_F \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

De acuerdo a la Regla 3, la inversa de la resistencia equivalente del circuito, $1/R_{EQ.}$, es igual a la suma de las inversas de los valores de cada resistor:

$$\frac{1}{R_{EQ.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Esto lleva a

$$I_F = E_F \times \frac{1}{R_{EQ.}}$$

o

$$I_F = \frac{E_F}{R_{EQ.}}$$

Por lo tanto, el circuito se puede simplificar mediante una fuente de tensión E_F, conectada a un resistor $R_{EQ.}$, a través del cual fluye una corriente I_F, tal como se muestra en la figura 29.

El principio del divisor de tensión

Otra regla fundamental usada para simplificar un circuito es el **principio del divisor de tensión**. Este principio establece que cuando se aplica una tensión E_F a través de dos resistores en **serie** R_1 y R_2, la tensión se dividirá de tal manera que la relación entre las caídas de tensión a través de los resistores será igual a la relación entre los valores de los resistores. En una ecuación, esto se expresa:

$$\frac{E_{R1}}{E_{R2}} = \frac{R_1}{R_2}$$

La caída de tensión E_R en cada resistor, es por lo tanto,

$$E_{R1} = \frac{E_F \times R_1}{R_1 + R_2}$$

y

$$E_{R2} = \frac{E_F \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

El principio del divisor de corriente

El **principio del divisor de corriente** establece que cuando se aplica una tensión E_F a través de dos resistores en **paralelo** R_1 y R_2, la corriente I_F que entra en los resistores se dividirá de tal manera que la proporción entre las corrientes en los resistores (I_{R1} y I_{R2}) es igual a la inversa de la proporción entre los valores de los resistores. En una ecuación, esto se expresa:

$$\frac{I_{R1}}{I_{R2}} = \frac{R_2}{R_1}$$

La corriente que fluye a través de cada resistor es, por lo tanto,

$$I_{R1} = \frac{I_F \times R_2}{R_1 + R_2}$$

o

$$I_{R2} = \frac{I_F \times R_1}{R_1 + R_2}$$

RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

El Procedimiento está dividido en las siguientes secciones:

- Circuitos en serie
- Circuitos en paralelo
- Circuitos en serie-paralelo (caso 1)
- Circuitos en serie-paralelo (caso 2)

PROCEDIMIENTO

Circuitos en serie

En esta sección, instalará un circuito que contiene dos resistores conectados en serie. Calculará la resistencia equivalente y la corriente del circuito para determinar la caída de tensión teórica a través de cada resistor. Luego medirá esas caídas de tensión con un voltímetro.

1. Para obtener la lista del material necesario para realizar este ejercicio, consulte la Tabla de utilización del equipo que se encuentra en el apéndice A.

   Instale el equipo requerido en el Puesto de trabajo.

   Asegúrese de que el interruptor de alimentación principal de la fuente del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes esté fijado en la posición *O* (apagado). Luego conecte la *Entrada de potencia* a un enchufe de pared de corriente alterna.

   Conecte el circuito mostrado en la figura 30. Para obtener la disposición de los resistores del circuito, haga las conexiones y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con el resistor R_1. (La tensión en el resistor R_2 se medirá por separado en otro paso).

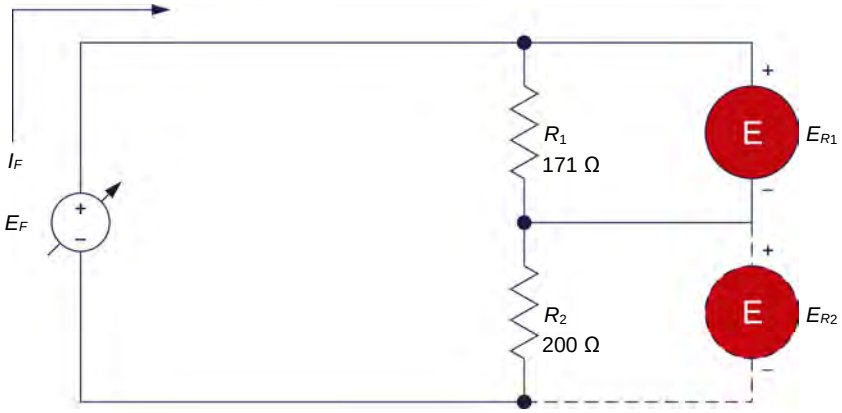


Figura 30. Circuito compuesto por resistores conectados en serie.

2. Coloque el interruptor *Entrada de potencia* en la posición *I* para encender el módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

3. Haga los siguientes ajustes en la fuente del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes:

- Coloque el interruptor *Modo de operación* en *Fuente de alimentación*. Esto conecta la fuente de potencia interna del módulo a los terminales del panel frontal de la *Fuente de alimentación*.

- Utilice el botón *Función* para seleccionar el modo de operación *Fuente de tensión (+)*. El modo de operación seleccionado aparece en el visualizador del módulo. Si selecciona este modo, la fuente de potencia interna funciona como fuente de tensión positiva. Cuando el módulo *Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes* opera como fuente de tensión positiva, la tensión en el terminal amarillo es positiva con respecto a la del blanco (neutro N).

- Fije la tensión de la fuente de tensión positiva en 50 V utilizando la perilla *Comando*. Esta tensión aparece en el visualizador del módulo. Observe que la tensión indicada está titilando. Esto ocurre porque la salida de la fuente de potencia interna está desactivada.

4. Calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$ de los resistores conectados en serie mostrados en la figura 30. Luego, calcule la corriente de la fuente I_F basado en la resistencia equivalente $R_{EQ.}$ y en una tensión de la fuente E_F de 50 V.

$R_{EQ.} = R_1 + R_2 =$ _____ Ω

$I_F = \frac{E_F}{R_{EQ.}} =$ _____ A

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

5. Con base en los valores de los resistores y en la corriente de la fuente I_F obtenida en el paso 4, calcule la caída de tensión teórica a través de cada resistor.

$E_{R1} = I_F R_1$ =_____ V

$E_{R2} = I_F R_2$ =_____ V

6. Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para encender la fuente de potencia interna. El visualizador indica *En marcha*, lo cual confirma que la fuente de potencia interna está energizada.

7. Tenga en cuenta la tensión indicada por el voltímetro E_{R1} y compárela con el valor teórico de E_{R1} registrado en el paso 5. ¿Estas tensiones son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

8. Desconecte el voltímetro del resistor R_1 y conéctelo a través del resistor R_2, como muestra la figura 30.

9. Compare la tensión indicada por el voltímetro E_{R2}, con el valor teórico de E_{R2} registrado en el paso 5. ¿Estas tensiones son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

Circuitos en paralelo

En esta sección, instalará un circuito que contiene resistores conectados en paralelo. Calculará la resistencia equivalente, la corriente de la fuente y la corriente que fluye a través de cada resistor. Luego, medirá esas corrientes y las comparará con los valores calculados, verificando que la suma de las corrientes que fluyen a través de las ramas del circuito sea igual a la corriente de la fuente.

10. Pulse una vez el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para apagar la fuente de potencia interna. Asegúrese de que el visualizador indica *Parado* con el fin de confirmar la ausencia de energía.

En el resto del ejercicio, utilice siempre el botón Arranque/Parada *para activar o desactivar (encender o apagar) la fuente de alimentación interna.*

11. Conecte el circuito mostrado en la figura 31. Para obtener la disposición de los resistores del circuito, haga las conexiones y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Fije uno de los multímetros para que mida corriente cc y conéctelo en serie con el resistor R_1, como muestra la figura 31.

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con los tres resistores, como muestra la figura 31.

El símbolo del amperímetro de la figura 31 se muestra como una línea discontinua para I_{R2} e I_{R3}. Esto ocurre porque el amperímetro (I) será movido a las otras ramas del circuito para medir I_{R2} e I_{R3}. Cierre las ramas de los resistores R_2 y R_3 por ahora, usando un cable de conexión para tener los tres resistores conectados en paralelo.

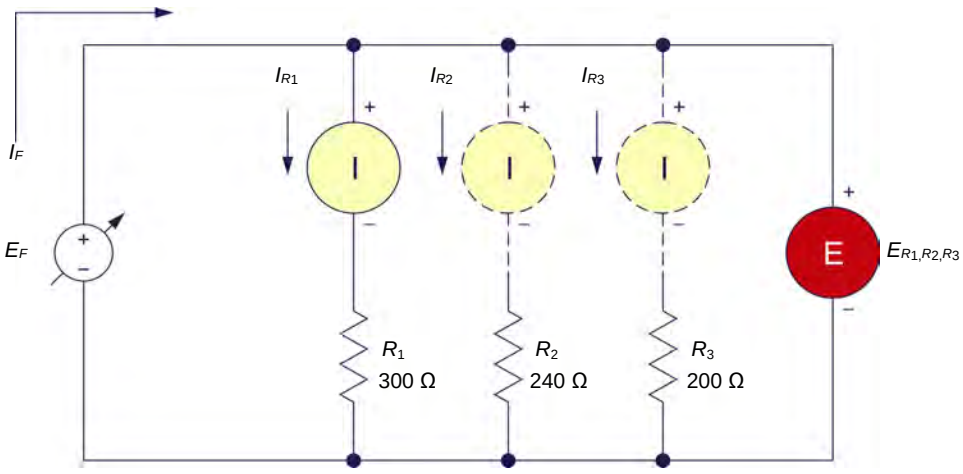


Figura 31. Circuito compuesto por resistores conectados en paralelo.

12. Calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$ de los resistores conectados en paralelo mostrados en la figura 31. Luego, calcule la corriente de la fuente I_F, basado en la resistencia equivalente y en la tensión de la fuente E_F de 50 V.

$$R_{EQ.} = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}} = _____ \ \Omega$$

$$I_F = \frac{E_F}{R_{EQ.}} = _____ \ \text{A}$$

13. Calcule la corriente que fluye a través de cada resistor, basado en el hecho de que la tensión de la fuente $E_F = E_{R1,R2,R3} = 50$ V:

$$I_{R1} = \frac{E_{R1,R2,R3}}{R_1} = _____ \ \text{A}$$

$$I_{R2} = \frac{E_{R1,R2,R3}}{R_2} = _____ \ \text{A}$$

$$I_{R3} = \frac{E_{R1,R2,R3}}{R_3} = _____ \ \text{A}$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

14. En el Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes encienda la fuente de alimentación interna. La pantalla indica *En marcha*, confirmando que la fuente está encendida.

15. En la tabla 3 registre la corriente de la fuente I_F, que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

Apunte la tensión que indica el voltímetro $E_{R1,R2,R3}$.

Registre la corriente que indica el amperímetro I_{R1}.

Tabla 3. Medición de las corrientes y tensión del circuito.

I_F (A)	$E_{R1,R2,R3}$ (V)	I_{R1} (A)	I_{R2} (A)	I_{R3} (A)

16. Apague la fuente de potencia interna. Desconecte el amperímetro del resistor R_1 y conéctelo en serie con el resistor R_2, como muestra la figura 31. Asegúrese de mantener los tres resistores conectados en paralelo.

Encienda la fuente de potencia interna y registre la corriente que indica el amperímetro I_{R2} en la tabla 3.

17. Apague la fuente de potencia interna. Desconecte el amperímetro del resistor R_2 y conéctelo en serie con el resistor R_3, como muestra la figura 31. Asegúrese de mantener los tres resistores conectados en paralelo.

Encienda la fuente de potencia interna y registre la corriente que indica el amperímetro I_{R3} en la tabla 3.

18. Calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$, basado en la corriente de la fuente y en la tensión a través de los resistores registradas en la tabla 3.

$R_{EQ.} = \frac{E_{R1,R2,R3}}{I_F} =$ _____ Ω

Compare la resistencia equivalente con el valor teórico registrado en el paso 12. Estas resistencias, ¿son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

19. Compare las corrientes I_{R1}, I_{R2} y I_{R3} registradas en la tabla 3 con los valores teóricos registrados en el paso 13.

¿Estas corrientes son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

20. La suma de las corrientes que entran en cada rama $(I_{R1} + I_{R2} + I_{R3})$, ¿es igual a la corriente de la fuente I_F?

_____

_____

Circuitos en serie-paralelo (caso 1)

En esta sección, instalará un circuito que contiene resistores conectados en serie-paralelo. Calculará la resistencia equivalente y la corriente del circuito para determinar la caída de tensión a través de los resistores. Luego, medirá esas caídas de tensión con el voltímetro.

21. Pulse el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para apagar la fuente de potencia interna.

22. Conecte el circuito mostrado en la figura 32. Para obtener la disposición de los resistores del circuito, haga las conexiones y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Fije uno de los multímetros para que mida tensión cc y conéctelo en paralelo con el resistor R_1.

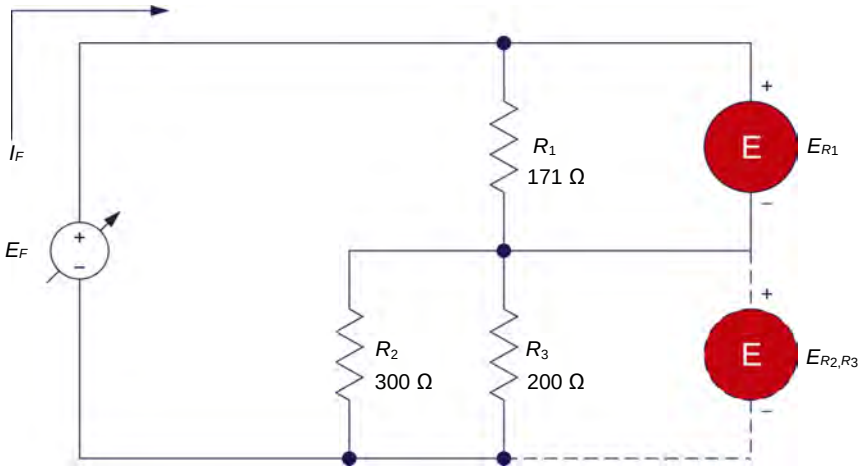


Figura 32. Circuito compuesto por resistores conectados en serie-paralelo.

23. Calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$ de los resistores mostrados en la figura 32. Luego, calcule la corriente del circuito I_F, basado en la $R_{EQ.}$ y en una tensión de la fuente E_F de 50 V.

$$R_{EQ.} = R_1 + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}\right) = _____ \ \Omega$$

$$I_F = \frac{E_F}{R_{EQ.}} = _____ \ \text{A}$$

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

24. Calcule las caídas de tensión a través de R_1 y a través de los resistores en paralelo R_2 y R_3 usando la corriente I_F calculada en el paso 23.

$E_{R1} = I_F R_1$ = _____ V

$E_{R2,R3} = I_F \left(\frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}} \right)$ = _____ V

25. Pulse el botón *Arranque/Parada* del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes para encender la fuente de potencia interna.

26. En la tabla 4, registre la corriente de la fuente I_F que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

Registre la tensión que indica el voltímetro E_{R1} en la tabla 4.

Desconecte el voltímetro del resistor R_1 y conéctelo a través de los resistores en paralelo R_2 y R_3, como muestra la figura 32. Apunte la tensión que indica el voltímetro $E_{R2,R3}$ en la tabla 4.

Tabla 4. Medición de la corriente y tensiones del circuito.

I_F (A)	E_{R1} (V)	$E_{R2,R3}$ (V)

27. Compare la corriente de la fuente I_F registrada en la tabla 4 con el valor teórico registrado en el paso 23. ¿Estas corrientes son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

28. Compare las caídas de tensión E_{R1} y $E_{R2,R3}$ registradas en la tabla 4 con los valores teóricos registrados en el paso 24. ¿Son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

Circuitos en serie-paralelo (caso 2)

En esta sección, instalará otro circuito que contiene resistores conectados en serie-paralelo. Calculará la resistencia equivalente y la corriente del circuito para determinar la caída de tensión a través de los resistores. Luego, medirá esas caídas de tensión con el voltímetro.

29. Apague la fuente de potencia interna del módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

30. Conecte el circuito mostrado en la figura 33. Para obtener la disposición de los resistores del circuito, haga las conexiones y ajustes necesarios de los interruptores en el módulo Carga resistiva.

Fije uno de los multímetros para que mida corriente cc y conéctelo en serie con el resistor R_1, como muestra la figura 33.

Fije otro multímetro para medir tensión cc y conéctelo en serie con el resistor R_2, como muestra la figura 33.

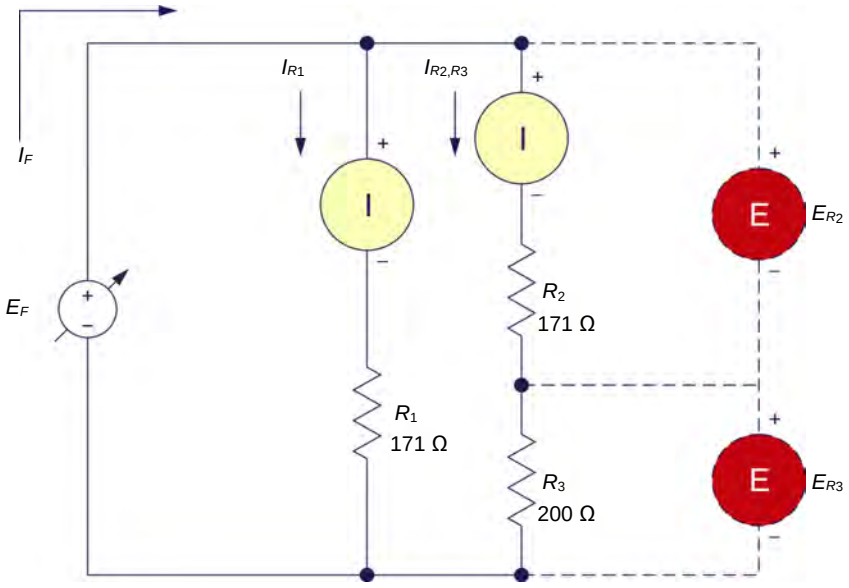


Figura 33. Circuito compuesto por resistores conectados en serie-paralelo.

31. Calcule la resistencia equivalente $R_{EQ.}$ de los resistores mostrados en la figura 33. Luego, calcule la corriente del circuito I_F, basado en la $R_{EQ.}$ y en una tensión de la fuente E_F de 50 V.

$R_{EQ.} = \frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2+R_3}} =$ _____ Ω

$I_F = \frac{E_F}{R_{EQ.}} =$ _____ A

32. Calcule las corrientes que fluyen a través del resistor R_1 y a través de los resistores en serie R_2 y R_3, basado en los valores de los resistores y en una tensión de la fuente E_F de 50 V.

$I_{R1} = \frac{E_F}{R_1} =$ _____ A

$I_{R2,R3} = \frac{E_F}{R_2+R_3} =$ _____ A

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

33. Calcule las caídas de tensión a través de los resistores R_2 y R_3, usando la corriente $I_{R2,R3}$ calculada en el paso 32.

$E_{R2} = I_{R2,R3} \times R_2$ = _____ V

$E_{R3} = I_{R2,R3} \times R_3$ = _____ V

34. Encienda la fuente de potencia interna del módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

35. En la tabla 5, registre la corriente del circuito I_F, que aparece en el visualizador del Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes.

Registre la corriente que indica el amperímetro I_{R1}.

Registre la corriente que indica el amperímetro $I_{R2,R3}$.

Tabla 5. Medición de las corrientes y tensiones del circuito.

I_F (A)	I_{R1} (A)	$I_{R2,R3}$ (A)	E_{R2} (V)	E_{R3} (V)

36. Apague la fuente de potencia interna del módulo Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes. Retire los dos multímetros del circuito y cierre las dos ramas del circuito usando cables de conexión.

Fije los multímetros para medir tensión cc. Como muestra la figura 33, conecte un multímetro a través del resistor R_2 y el otro a través del resistor R_3.

37. Encienda la fuente de potencia interna.

En la tabla 5, registre las tensiones indicadas por los voltímetros E_{R2} y E_{R3}.

38. Compare la corriente de la fuente I_F registrada en la tabla 5 con el valor teórico registrado en el paso 31. ¿Estas corrientes son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

39. Compare las corrientes I_{R1} y $I_{R2,R3}$ registradas en la tabla 5 con los valores teóricos registrados en el paso 32. ¿Estas corrientes son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

40. La suma de las corrientes de cada una de las ramas del circuito registradas en la tabla 5 ($I_{R1} + I_{R2,R3}$), ¿es igual a la corriente de la fuente I_F? Explique.

❑ Sí ❑ No

41. Compare las caídas de tensión E_{R2} y E_{R3} registradas en la tabla 5 con los valores teóricos registrados en el paso 33. ¿Son aproximadamente iguales?

❑ Sí ❑ No

42. En el Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes, apgue la fuente de alimentación interna.

Retire todas las conexiones del circuito. Luego, devuelva todos los equipos al sitio de almacenamiento.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio aprendió que las diferentes combinaciones de circuitos en serie y paralelo se pueden resolver usando reglas relacionadas con la ley de Ohm y con las leyes de Kirchhoff para la corriente y la tensión. De la misma manera, también usó estas reglas para calcular las corrientes y tensiones de los circuitos y verificó sus resultados comparándolos con los valores medidos.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. Defina brevemente las leyes de Kirchhoff para la corriente y la tensión.

2. Considere el circuito mostrado en la figura 32. Si la tensión de la fuente E_F se duplica, ¿qué pasará con la corriente que fluye a través de cada resistencia y con las tensiones E_{R1} y $E_{R2,R3}$?

3. Si el valor del resistor R_3 en el circuito mostrado en la figura 32 se reduce a la mitad, la corriente a través del resistor R_2, ¿aumentará o disminuirá?

4. Consulte la figura 31. Si se retira uno de los resistores del circuito, ¿qué pasará con la corriente de la fuente I_F y con la tensión de la fuente E_F?

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

5. Consulte la figura 33. ¿Cómo se puede reducir la corriente de la fuente I_F a la mitad?

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Tabla de utilización del equipo

El siguiente equipo es necesario para realizar los ejercicios en este manual.

Equipo		Ejercicio			
Modelo	**Descripción**	**1**	**2**	**3**	**4**
8131[1]	Puesto de trabajo	1	1	1	1
8311[2]	Carga resistiva	1	1	1	1
8946-2	Multímetro	2	2	2	2
8960-B[3]	Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes	1	1	1	1
8951-L	Cables de conexión y accesorios	1	1	1	1

[1] También se pueden utilizar los modelos 8110 y 8134 del Puesto de trabajo.
[2] Módulo Carga resistiva para baja tensión (120 V). Utilice las variantes de los modelos -00, -01, -02, o –A0.
[3] El modelo 8960-B incluye el Dinamómetro/Fuente de alimentación de cuatro cuadrantes, modelo 8960-2, con el conjunto Funciones estándares (control manual), modelo 8968-1.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Glosario de términos nuevos

amperímetro	Instrumento usado para medir la intensidad de la corriente eléctrica. Tiene una escala que normalmente está graduada en miliamperios (mA) o amperios (A).
batería	En 1749, Benjamín Franklin introdujo el término para referirse a un arreglo de múltiples botellas de Leyden.
botella de Leyden	Aparato usado para almacenar cargas eléctricas, inventado alrededor de 1744. Si se conectan varias botellas de Leyden en paralelo, se aumenta la máxima carga almacenada.
campo eléctrico	Región en el espacio donde existe un estado eléctrico capaz de ejercer fuerzas.
carga	Dispositivo que consume potencia suministrada por una fuente para realizar una tarea útil como producir luz, calor o un movimiento rotacional.
celda voltaica	Celda eléctrica inventada en 1799 por Alessandro Volta, que consiste en dos electrodos de metales distintos sumergidos en una solución que actúa químicamente sobre uno o ambos metales, produciendo una fuerza electromotriz. Este dispositivo llevó al desarrollo de las baterías modernas.
circuitos en paralelo	Circuitos en los que los componentes están conectados de tal forma, que la corriente se divide y circula por dos o más caminos, para luego llegar a un lugar común.
circuitos en serie	Circuitos en los que los componentes están conectados de tal manera que la corriente circula a través de un único camino.
conductores	Materiales que tienen electrones en sus órbitas exteriores que se pueden remover fácilmente por medios externos, como el calor, o aplicando un campo eléctrico. Cuanto más lejos se encuentra un átomo de su núcleo, menor será la fuerza eléctrica para atraerlo.
convección	Transferencia de energía térmica de un punto a otro por medio del calentamiento de un fluido como el agua o el aire.
corriente	Flujo de electrones libres en un conductor. La corriente se mide en amperios (A). Un amperio es igual al movimiento de 6,24 x 1018 electrones a través de una sección trasversal dada en 1 segundo. La corriente que fluye a través de un circuito eléctrico puede ser corriente continua (cc) o corriente alterna (ca).
corriente alterna (ca)	Tipo de corriente suministrada a la mayoría de las viviendas y lugares de trabajo. Este tipo de corriente cambia su sentido (polaridad) muchas veces por segundo. Ejemplos de dispositivos que producen corriente ca son los alternadores y generadores ca.
corriente continua (cc)	Tipo de corriente producida por baterías y fuentes cc. Este tipo de corriente fluye en un solo sentido (sentido del flujo): del terminal positivo (+) de la batería, o fuente de potencia, al terminal negativo (-).
diferencia de potencial	Sinónimo de tensión.
electrones	Partículas muy diminutas que orbitan alrededor del núcleo de un átomo y tienen carga eléctrica negativa (–).
energía	Capacidad que tiene un cuerpo para realizar trabajo. En el sistema internacional de unidades (SI), la energía se mide en julios (J). Un julio (1 J) es igual a un vatio-segundo (1 W·s).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

energía cinética	Energía que un cuerpo posee debido a su movimiento.
energía potencial	Energía que un cuerpo tiene debido a su posición o a su estado físico o químico.
fuente de potencia cc	Fuente de potencia eléctrica que impulsa electrones a través de un circuito cc y crea el flujo de corriente.
incandescente	Término generalmente usado para referirse a una fuente de luz, cuyo filamento de metal brillante, calentado hasta la incandescencia por una corriente eléctrica, emite luz.
ley de la conservación de la energía	La ley de la conservación de la energía dice que la energía no se puede crear ni destruir, únicamente se transforma.
ley de Ohm	Relación entre la tensión, la corriente y la resistencia. En forma de ecuación: $I = E \div R$. La ley de Ohm se puede reescribir como $E = R \times I$, o $R = E \div I$.
leyes de Kirchhoff para la corriente y la tensión	La ley de la tensión de Kirchhoff establece que “la suma algebraica de todas las tensiones en un circuito cerrado es igual a cero”. La ley de corriente de Kirchhoff establece que “la suma de las corrientes que entran a un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen del nodo”.
neutrones	Los neutrones son partículas nucleares no cargadas que junto con los protones conforman el centro del átomo, llamado núcleo.
núcleo	Es el centro del átomo y está compuesto de protones y neutrones.
ohmímetro	Instrumento utilizado para medir resistencia eléctrica. Tiene una escala que normalmente está graduada en ohmios (Ω), kilo-ohmios (kΩ) y megohmios (MΩ).
potencia	Velocidad a la cual la energía es suministrada por una fuente o consumida por una carga para realizar trabajo.
principio del divisor de corriente	Este principio establece que cuando se aplica una tensión a través de dos resistencias en paralelo, la corriente que entra en los resistores se divide de tal manera que la relación de las corrientes en los resistores es igual a la inversa de la relación de los valores de las resistencias.
principio del divisor de tensión	Este principio establece que cuando se aplica una tensión a través de dos resistores en serie, la tensión se divide de tal manera que la relación entre las caídas de tensión a través de los resistores es igual a la relación entre los valores de los resistores.
protones	Partículas nucleares cargadas positivamente que junto con los neutrones conforman el centro del átomo, llamado núcleo.
radiación	Transferencia de energía térmica, vía ondas o partículas electromagnéticas.
resistencia	Oposición al flujo de corriente eléctrica. El valor de la resistencia se expresa en ohmios (Ω).
resistencia equivalente	Representa una combinación de múltiples resistores conectados en serie, paralelo o en serie-paralelo.
sentido del flujo de corriente	Va del cuerpo cargado positivamente al cargado negativamente.
tensión	Fuerza electromotriz ejercida por una fuente de potencia o una batería para hacer que los electrones libres se muevan de un punto a otro. La magnitud de la tensión se mide en voltios (V). En electrocinética, la tensión es la magnitud del campo eléctrico medido entre dos puntos.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

voltímetro Instrumento utilizado para medir la magnitud de la tensión. Tiene una escala que normalmente se gradúa en milivoltios (mV), voltios (V) o kilovoltios (kV).

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

Tabla de impedancia para los módulos de carga

La siguiente tabla lista los valores de impedancia que pueden obtenerse usando la Carga resistiva, modelo 8311, la Carga inductiva, modelo 8321, y la Carga capacitiva, modelo 8331. La figura 34 muestra los elementos de carga y sus conexiones. Se pueden utilizar otras combinaciones en paralelo para obtener los mismos valores de impedancia listados.

Tabla 6. Tabla de impedancia para los módulos de carga.

Impedancia (Ω)			Posición de los interruptores								
120 V 60 Hz	**220 V 50 Hz/60 Hz**	**240 V 50 Hz**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1200	4400	4800	I								
600	2200	2400		I							
300	1100	1200			I						
400	1467	1600	I	I							
240	880	960	I		I						
200	733	800		I	I						
171	629	686	I	I	I						
150	550	600	I			I	I	I			
133	489	533		I		I	I	I			
120	440	480			I		I	I			
109	400	436			I	I	I	I			
100	367	400	I		I	I	I	I			
92	338	369		I	I	I	I	I			
86	314	343	I	I	I	I	I	I			
80	293	320	I			I	I	I	I	I	I
75	275	300		I		I	I	I	I	I	I
71	259	282			I		I	I	I	I	I
67	244	267			I	I	I	I	I	I	I
63	232	253	I		I	I	I	I	I	I	I
60	220	240		I	I	I	I	I	I	I	I
57	210	229	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

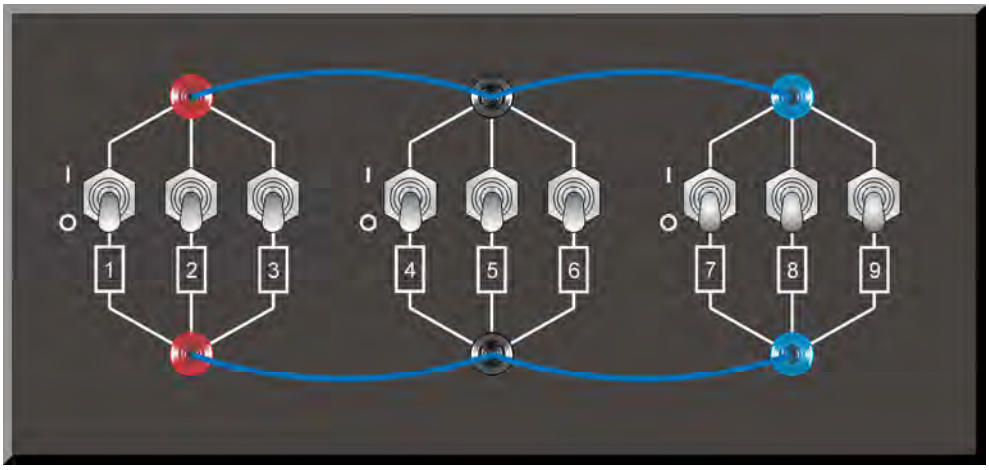


Figura 34. Ubicación de los elementos de carga en la Carga resistiva, Carga inductiva y Carga capacitiva, modelos 8311, 8321 y 8331, respectivamente.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Índice de términos nuevos

El número de página en negrita indica la entrada principal. Consulte el Glosario de términos nuevos de página 71 para ver las definiciones de los términos nuevos.

amperímetro **13**, 15, 16

batería 3, 9, **10**, 11, 13, 14, 43
botella de Leyden **9**

campo eléctrico **4**, 5
carga 1, 3, 4, 9, 10, 41, **42**
carga resistiva **17**, 29
celda voltaica 1, **10**
circuitos en paralelo **7**, 55
circuitos en serie **7**, 53
conductores **4**, 6, 10
convección **43**
corriente alterna (ca) **13**
corriente continua (cc) **13**
corriente eléctrica era el flujo de electrones libres pasando a través de un conductor. **7**

diferencia de potencial. **5**

energía **41**
energía cinética **2**
energía potencial **2**

fuente de tensión cc 10, **42**

incandescentes **43**

las leyes de Kirchhoff para la tensión y la corriente **7**
ley de la conservación de la energía **3**, 42
ley de Ohm **7**, 9, 12, 54, 55
los electrones **3**, 4
los protones **3**

multímetro **15**

neutrones **3**
núcleo **3**, 4

ohmímetro **13**, 14, 15

potencia **41**
principio del divisor de corriente **57**
principio del divisor de tensión **56**

radiación **43**
resistencia 2, **6**, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 27, 28, 29, 42, 43, 44
resistencia equivalente **27**, 28, 29, 53, 54, 55, 56

sentido de la corriente eléctrica **7**

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

tensión..... 2, **5**, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 28, 42, 44, 53, 54, 55, 56, 57

voltímetro **13**, 14, 15, 16

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden

© Festo Didactic 579340

Bibliografía

Jackson, Herbert W., *Introduction to Electric Circuits*, 5ª edición, New Jersey: Prentice Hall, 1981, ISBN 0-13-481432-0.

Wildi, Theodore, *Electrical machines, drives, and Power Systems*, 2ª edición, New Jersey: Prentice Hall, 1991, ISBN 0-13-251547-4.

Property of Festo Didactic
Sale and/or reproduction forbidden