

Circuitos y Sistemas Digitales

Fundamentos de redes
eléctricas

Clase 2



La excelencia no se improvisa



1. Introducción

En esta clase, profundizaremos en los conceptos esenciales que rigen el análisis de circuitos eléctricos, comenzando con las Leyes de Ohm y Kirchhoff, que constituyen la base teórica para comprender el comportamiento de las redes eléctricas. La Primera Ley de Kirchhoff (Ley de Corrientes o Ley de Nodos) establece que la suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un nodo es igual a cero, principio que se deriva directamente de la conservación de la carga eléctrica. Por otro lado, la Segunda Ley de Kirchhoff (Ley de Voltajes o Ley de Mallas) postula que en cualquier malla cerrada, la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico es igual a cero, una consecuencia fundamental de la conservación de la energía en los circuitos. Estas leyes, combinadas con la Ley de Ohm ($V=I \cdot R$), que relaciona voltaje, corriente y resistencia, nos proporcionan las herramientas matemáticas necesarias para modelar y analizar el comportamiento de circuitos eléctricos básicos, permitiéndonos predecir cómo se distribuirán las corrientes y tensiones en diferentes configuraciones.

Posteriormente, examinaremos en detalle las características distintivas de los circuitos en serie y en paralelo, dos configuraciones fundamentales con propiedades únicas. En los circuitos en serie, los componentes están conectados en una sola trayectoria, compartiendo la misma corriente pero con voltajes que se dividen, mientras que en los circuitos en paralelo, los componentes presentan múltiples trayectorias para la corriente, manteniendo el mismo voltaje pero con corrientes que se dividen. A través de ejercicios prácticos y aplicados, no solo reforzaremos la comprensión teórica de estos conceptos, sino que también desarrollaremos habilidades para calcular resistencias equivalentes, determinar distribuciones de corriente y voltaje, y resolver problemas complejos mediante la combinación de estas configuraciones básicas. Este conocimiento es fundamental no solo para el estudio de circuitos más avanzados, sino también para aplicaciones prácticas en el diseño y análisis de sistemas eléctricos y electrónicos en el mundo real.

Clase 2: Fundamentos de redes eléctricas.

Resultado o resultados de aprendizaje que será abordado con el contenido de la clase. **(No agregue los criterios)**

Utilizar los componentes electrónicos básicos para circuitos digitales combinacionales.

1.2.1. Leyes de Ohm y Kircchoff

A. Ley de Ohm

Georg Simon Ohm (1789-1854) fue un físico y matemático alemán nacido en Erlangen, Baviera. Proveniente de una familia de artesanos, su padre Johann Wolfgang Ohm era cerrajero pero poseía una sólida educación autodidacta en matemáticas y filosofía.

[En este documental puede conocer la vida de Georg Simon Ohm y cómo postuló la ley que adoptaría su nombre y se constituye la base de los circuitos eléctricos.](#)

La Ley de Ohm establece la relación fundamental entre voltaje (V), corriente (I) y resistencia (R) en un circuito eléctrico:

"La corriente que circula por un conductor es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del conductor."

Expresión matemática:

$$V=R \times I$$

Donde:

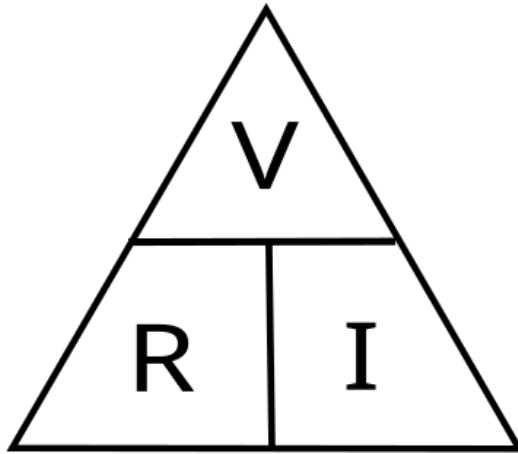
- V = Diferencia de potencial (Voltios, V)
- I = Corriente eléctrica (Amperios, A)
- R = Resistencia (Ohmios, Ω)

Todos los elementos conductores presentan una oposición al paso de la corriente eléctrica (Arboledas, 2010), donde esta propiedad física es conocida como resistencia, siendo de interés para este curso la resistencia como elemento pasivo de los circuitos eléctricos y digitales.

Triángulo de Ohm (para despejar variables):

Figura 1:

Triángulo de Ohm.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

La Figura 1 muestra el triángulo de ohm, que permite deducir como se relacionan las variables de Voltaje [V], Resistencia [R] y Corriente [I] de la Ley de Ohm, así:

Ecuación 1:

Ley de Ohm (Voltaje)

$$V = R * I[\text{voltios}]$$

La Ecuación 1: muestra la relación entre el Voltaje, la Corriente y la Resistencia y es la formulación base de la Ley de Ohm. De esta relación se pueden despejar la Ecuación 2: de la Resistencia y la Ecuación 3: de la Corriente.

Ecuación 2:

Ley o Ohm (Resistencia)

$$R = \frac{V}{I}[\text{ohmios}]$$

Ecuación 3:

Ley de ohm (Corriente)

$$I = \frac{V}{R}[\text{amperios}]$$

Aplicaciones prácticas:

La ley de ohm permite:

- Cálculo de corriente en un circuito con voltaje y resistencia conocidos.
- Determinación de la resistencia necesaria para limitar la corriente.
- Diseño de divisores de voltaje y circuitos básicos.

Ejemplo:

Si un resistor de 100Ω tiene una caída de voltaje de $5V$, ¿cuál es la corriente que circula?

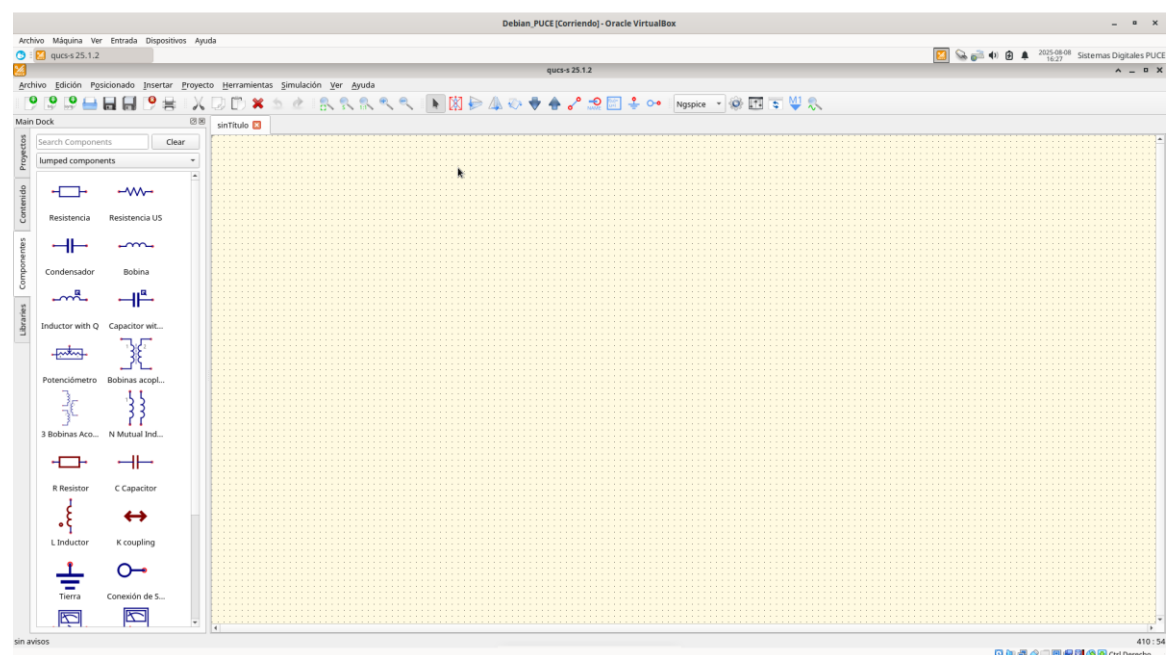
$$I = V/R = 5V/100\Omega = 0.05A = 50mA$$

[Para simular este circuito, usaremos QUCS-s, un simulador licenciado como Software Libre con licencia GNU/GPL2+ cuya información y mayores detalles de este proyecto está disponible en su sitio web](#)

Abra QUCS-s en su máquina virtual de trabajo, verá un lienzo de trabajo vacío y a la izquierda estarán los componentes que pueden arrastrarse al lienzo, tal como se muestra en la Figura 2:

Figura 2:

Ventana de trabajo de QUCS-s.

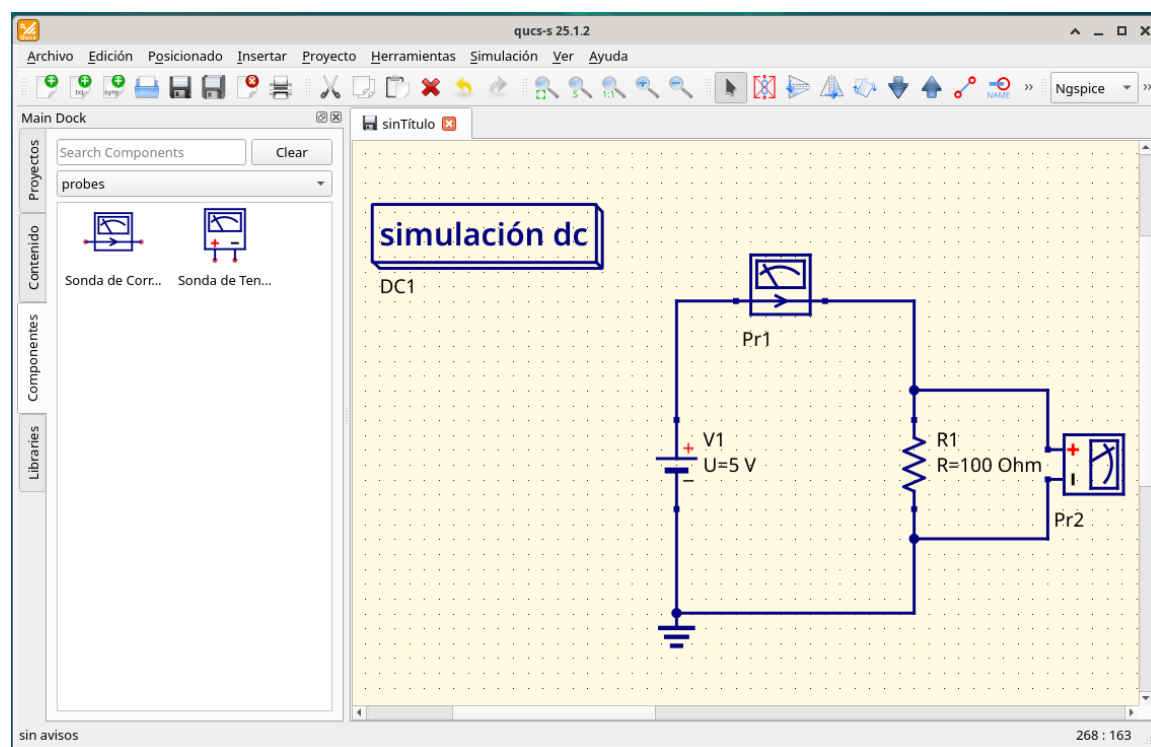


Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Agregue una fuente de poder (Batería), una resistencia y realice las conexiones según se muestra en la Figura 3. La fuente la encontrará en la sección “sources” de los elementos, la resistencia y la referencia a tierra en la sección “lumped components”, mientras que la sondas de corriente y voltaje se encuentran en la sección “probes”. Una vez que arme el circuito, desde la sección “simulations” deberá agregar el componente simulación DC:

Figura 3:

Simulador QUCS-s con el circuito para la ley de Ohm.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

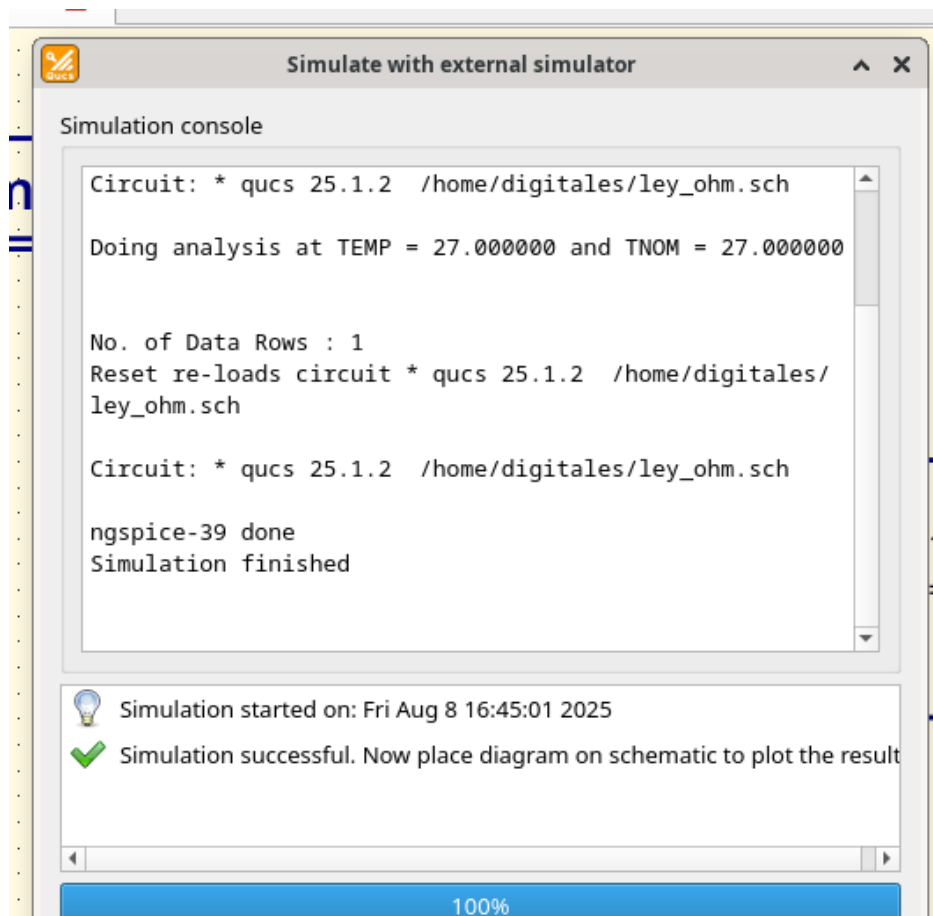
Para definir los valores de los elementos, de click sobre el valor del elemento de interés y edítelo conforme a su necesidad. Ponga atención en el nivel de referencia  que se muestra en la parte inferior del circuito que corresponde a cero voltios del circuito y respecto al cual se referencia cualquier voltaje de cualquier nodo del circuito.

Si intenta ejecutar la simulación (Simulación → Simular — o F2) se desplegará una advertencia que le indica que debe grabar primero el circuito. Hágalo con el nombre Ley_Ohm. A continuación se ejecutará la simulación y le mostrará un mensaje en ese sentido, tal como se muestra muestra en la Figura 4.

Dado que el conductor que sale de la fuente solo se conecta con la resistencia, toda la corriente se dirige hacia la resistencia, como se verá con mayor detalle cuando veamos las leyes de Kirchoff.

Figura 4:

Despliegue de la corriente que circula sobre el conductor superior.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Para ver los resultados, en la sección “diagrams”, agregue una tabla “Tabular” en el circuito y para insertar en la tabla la corriente y el voltaje de la resistencia R1 de doble click en los items $i(pr1)$ y $v(pr2)$ de la Figura 5

Figura 5

Configuración de la Tabla de resultados de la corriente y voltaje de la resistencia R1

Editar las propiedades del diagrama

Datos

Entrada del gráfico

Plot Vs. default

Notación numérica: real/imaginaria Precisión: 3

Conjunto de Datos

Ley_Ohm

Data from simulator: Ngspice

Nombre	Tipo	Tamaño
i(pr1)	indep	1
v(pr2)	indep	1

Gráfico

Nuevo Gráfico

Eliminar Gráfico

Aceptar Aplicar Cancelar

Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

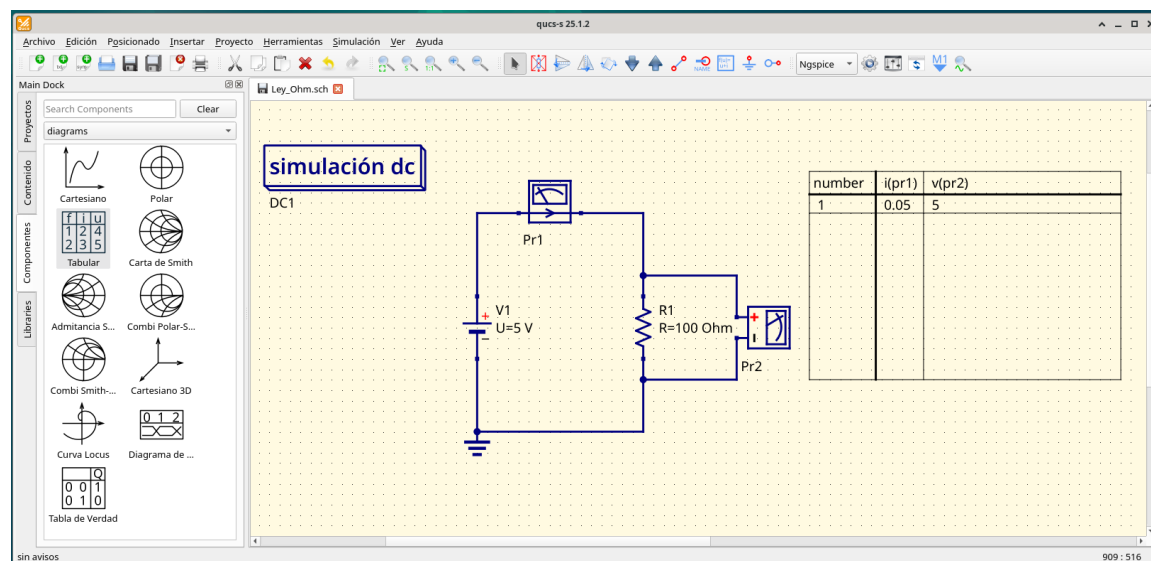
Finalmente el circuito se mostrará junto con la tabla de resultados de los valores seleccionados, en este caso la corriente y el voltaje de la resistencia R1, 0.05 A y 5 V respectivamente, tal como se muestra en la



Figura 6.

Figura 6

Resultados de la simulación



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Pruebe cambiando los valores de voltaje y resistencia del circuito modelado y observe como cambia la corriente, compárela con el valor que calcule al aplicar la ley de Ohm.

B. Primera Ley de Kirchhoff (Ley de Corrientes o Ley de Nodos).

La Primera Ley de Kirchhoff, también conocida como Ley de Corrientes (LCK), establece que:

"La suma algebraica de todas las corrientes que entran y salen de un nodo en un circuito eléctrico es igual a cero."

Fundamento físico:

Se deriva del principio de conservación de la carga eléctrica, que afirma que la carga no puede crearse ni destruirse en un circuito.

Un nodo (o punto de conexión) no puede acumular carga, por lo que toda corriente que entra debe ser igual a la que sale, es decir; la suma de las corrientes que entran a un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de dicho nodo:

Ecuación 4

Ley de las Corrientes de Kircchoff

$$\sum I_{entran} = \sum I_{salen}$$

Expresado de una manera general, la sumatoria de corrientes en un nodo dado siempre es cero, lo cual se muestra en la Ecuación 5

Ecuación 5

Ley de las corrientes de Kircchoff, dónde la sumatoria de corrientes en un nodo es igual a cero

$$\sum_{i=0}^n I_k = 0$$

Para entender la idea con mayor se debe tener en cuenta que la corriente es la variación delta de carga eléctrica por unidad delta de tiempo $\frac{dq}{dt}$, es decir el flujo de electrones por unidad de tiempo, flujo de electrones que no puede desaparecer al ingresar a un nodo ni tampoco quedarse en el mismo sino que debe salir por la/s vía/s posibles (conductor/es).

Ejemplo práctico de la Primera Ley de Kirchhoff (Ley de Corrientes o Ley de Nodos)

Ejercicio 1:

Se tiene un nodo en un circuito donde convergen tres corrientes:

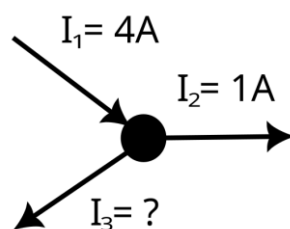
$I_1=4A$ (entrando al nodo)

$I_2=1A$ (saliendo del nodo)

I_3 (desconocida, saliendo del nodo)

Figura 7

Ejercicio 1: Ley de Corrientes.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Paso 1: Aplicar la Primera Ley de Kircchoff



La

Ecuación 4 de la Ley de Kircchoff establece que las sumas de las corrientes que entran a un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de ese mismo nodo, en este caso podemos apreciar en la Figura 7 que la corriente I_1 tiene una dirección de entrada el nodo, ya que la flecha apunta en ese sentido, mientras que las corrientes I_2 e I_3 salen del nodo, por tanto en este caso:

Corrientes que entran: I_1

Corrientes que salen: I_2 e I_3

Ecuación:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Paso 2: Resolver para I_3

Sustituyendo los valores conocidos:

$$4A = 1A + I_3$$

$$I_3 = 4A - 1A = 3A$$

Por tanto La corriente I_3 que sale del nodo es de **3A**.

Aquí se puede apreciar que:

- la carga eléctrica se conserva: los 4 A que entran al nodo deben distribuirse entre las corrientes que salen (1 A + 3 A).
- Si el resultado obtenido fuera negativo, indicaría que el sentido de la corriente que fue asumido, en realidad está en sentido contrario, por lo que en este caso estaría entrando al nodo (error ingresado en los supuestos iniciales, pero que se corrige una vez que se obtienen los resultados analíticos o prácticos).

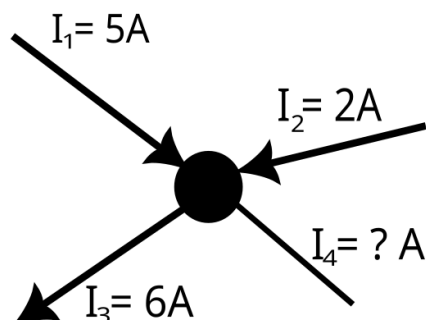
Ejercicio 2:

En un nodo entran $I_1 = 5A$ e $I_2 = 2A$, y sale $I_3 = 6A$ ¿Cuál es el valor de la cuarta corriente I_4 (y su dirección)?

En la Figura 8 se puede apreciar el diagrama de corrientes del nodo para el ejercicio 2 en donde I_1 e I_2 entran al nodo mientras que I_3 sale del nodo.

Figura 8:

Diagrama de corrientes para el ejercicio 2.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Paso 1: Aplicar la Primera Ley de Kirchhoff

Dado que los sentidos de las flechas muestran las corrientes I_1 e I_2 entrando al nodo y la corriente I_3 saliendo del nodo, asumiendo inicialmente que I_4 sale del nodo, la ecuación para este nodo quedaría planteada de la siguiente manera.

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

Es importante recalcar que se está asumiendo que I_4 sale del nodo, sin embargo en caso de que el resultado sea negativo, significaría que I_4 no está saliendo sino entrando al nodo.

$$5A + 2A = 6A + I_4$$

$$I_4 = 5A + 2A - 6A$$

$$I_4 = 1A$$

B. Segunda Ley de Kirchhoff (Ley de Voltajes o Ley de Mallas)

La Segunda Ley de Kirchhoff, o Ley de Voltajes (LVK), enuncia:

"En cualquier malla cerrada de un circuito, la suma algebraica de todas las caídas de tensión es igual a la suma de las fuerzas electromotrices (fem) aplicadas (voltaje de las fuentes aplicadas)."

Fundamento físico:

- Se basa en el principio de conservación de la energía: la energía suministrada por las fuentes debe ser igual a la disipada en los componentes.

Expresión matemática:

La Ecuación 6: muestra la Ley de los voltajes de Kircchoff, dónde la suma de fuentes de voltaje aplicadas en un lazo cerrado, es igual a la suma de voltajes de las caídas de voltaje consumidos por los elementos pasivos de ese lazo cerrado

Ecuación 6:

Ley de los Voltajes de Kircchoff

$$\sum V_{fuentes} = \sum V_{caidas}$$

De igual manera que la Ley de las Corrientes de Kircchoff puede ser expresada como la sumatoria de todos los voltajes en un lazo cerrado igual a cero, tal como se muestra en la Ecuación 7

Ecuación 7

Ley de kircchoff de Sumatoria de Voltajes en una trayectoria cerrada

$$\sum_{k=1}^n V_k = 0$$

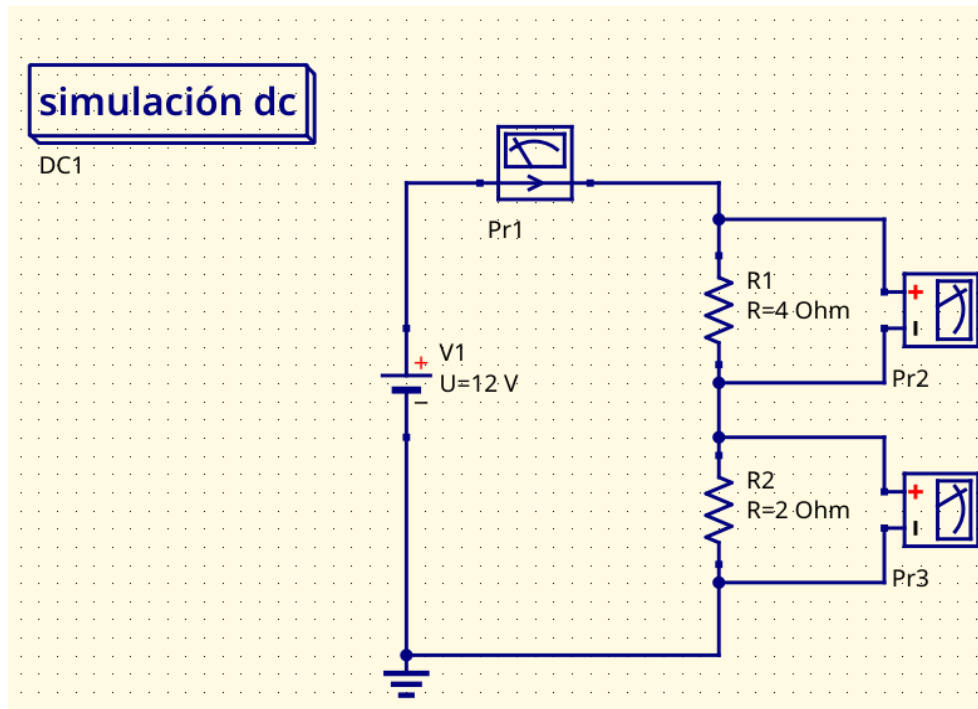
Ejercicio 3:

Analice el siguiente circuito de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el cual consta de de una malla simple con dos resistencias y una fuente de voltaje:

- Voltaje de la fuente (V_1) = 12 V
- Resistencia $R_1 = 4 \Omega$
- Resistencia $R_2 = 2 \Omega$
- Corriente en el circuito = I (desconocida)

Figura 7

Circuito para el ejercicio 3

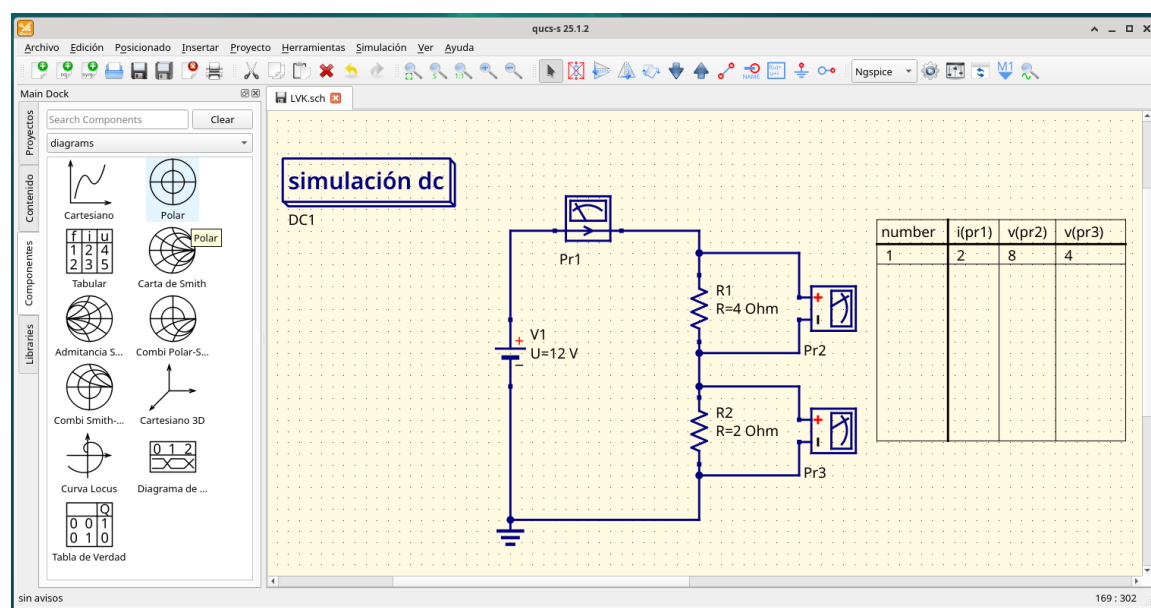


Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Al ejecutar la simulación encontrará que la corriente es de 2 A y el voltaje es de 8 V para R1 v(pr1) y 4 V para R2 v(pr2), tal y como se aprecia en la Figura 8

Figura 9:

Corriente y voltaje del circuito 3.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Dado que la Ley de Voltajes de Kirchoff determina que la suma de voltajes de los elementos pasivos en un circuito cerrado es igual a la suma de las fuentes que alimentan ese circuito, en este caso se puede apreciar que el voltaje de R1 es 8V, el voltaje de R2 es 4 V, y la suma de los dos nos da el voltaje de la fuente; así:

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

$$12V = V_{R1} + 4V$$

$$V_{R1} = 12V - 4V$$

$$V_{R1} = 8V$$

1.2.2. Circuitos en Serie

A. Definición:

Un circuito está conectado en serie cuando los componentes están conectados uno tras otro, formando una única trayectoria para la corriente.

B. Propiedades clave:

1. Corriente: La misma corriente fluye por todos los elementos;

$$I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

2. Resistencia total: La resistencia equivalente es la suma de las resistencias individuales;

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

3. Voltaje total: Se divide entre los componentes proporcionalmente a su resistencia;

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

1.2.3. Circuitos en Paralelo

A. Definición:

Un circuito está conectado en paralelo cuando los componentes se encuentran conectados entre los mismos dos nodos, ofreciendo múltiples caminos para la corriente.

B. Propiedades clave:

1. Voltaje: Todos los componentes tienen el mismo voltaje;

$$V_{total} = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

2. Corriente total: La corriente total se divide entre las ramas inversamente a su resistencia;

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

3. Resistencia equivalente: El inverso de la resistencia total es la suma de los inversos;

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

1.2.4. Ejercicios

Ejercicio 4:

Calcular a) la resistencia equivalente R_{eq} y b) la corriente total I_{total} en un circuito con dos resistencias en paralelo ($R_1=10\Omega$, $R_2=20\Omega$) alimentadas por una fuente de 12V

a) Resistencia Equivalente R_{eq} :

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2$$

$$1/R_{eq} = 1/10\Omega + 1/20\Omega = 3/20\Omega$$

$$R_{eq} = 20\Omega/3$$

$$R_{eq} = 6.67 \, \Omega$$

b) Corriente total (Ley de Ohm):

$$I_{total} = V/R_{eq}$$

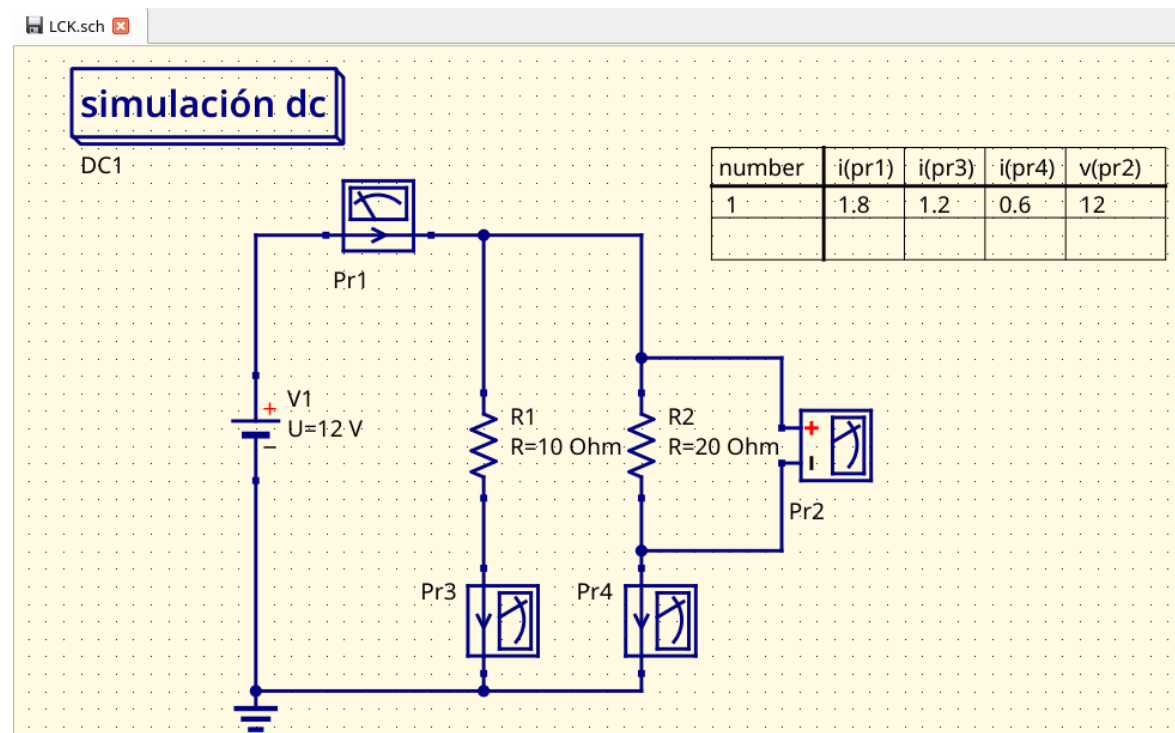
$$I_{total} = 12V/6.67\Omega$$

$$I_{total} = 1.8A$$

Para realizar la simulación en QUCS-s, se han incorporado dos sondas de corriente en serie con las resistencias $R_1 \rightarrow i(pr1)$ y $R_2 \rightarrow i(pr2)$, dónde se puede apreciar que la corriente $i(pr1)$ que sale de la fuente es 1.8A, lo que verifica nuestros cálculos, tal como se puede apreciar en la Figura 9 :

Figura 10

Corriente a la salida de la fuente de 12 V.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

De igual manera se aprecia que la corriente $i(pr3)$ en el ramal de la resistencia R_1 de 10Ω es de 1.2 A, mientras que, en el ramal de la resistencia R_2 de 20Ω la corriente $i(pr4)$ es de 0.6A o 600mA

Esto confirma la Ley de las Corrientes de Kircchoff que establece que la corriente que entra un nodo es igual a las corrientes que salen del mismo, en este caso:

$$I_{\text{total}} = I_{R1} + I_{R2}$$

$$I_{\text{total}} = 1.2A + 0.6A$$

$$1.8A = 1.2A + 0.6A$$

Referencias citadas en la Clase 2.

Arboledas, D. (2010). Electricidad básica. Starbook.

<https://elibro.puce.elogim.com/es/ereader/puce/106570>

Kuznetsov, V., & Brinson, M. (2025). Simulador de circuitos QUCS-S. QUCS-S.

<https://ra3xdh.github.io/>

Definición de los términos citados en la Clase 2.

Ley de corrientes De Kircchoff LCK: La suma algebraica de todas las corrientes que entran y salen de un nodo en un circuito eléctrico es igual a cero.

Ley de voltajes De Kircchoff LVK: En cualquier malla cerrada de un circuito, la suma algebraica de todas las caídas de tensión es igual a la suma de las fuerzas electromotrices (fem) aplicadas (voltaje de las fuentes aplicadas).



La excelencia no se improvisa

síguenos

