

Circuitos y Sistemas Digitales

Circuitos Mixtos y Eléctricos

Clase 3



1. Introducción

Los circuitos eléctricos son la base de todos los sistemas electrónicos, desde instalaciones domésticas hasta dispositivos complejos. En esta unidad, profundizaremos en los circuitos mixtos, que combinan conexiones en serie y paralelo, permitiendo diseños más eficientes y adaptables a distintas necesidades. Estos sistemas requieren un análisis detallado para calcular corrientes, voltajes y resistencias equivalentes, aplicando tanto la Ley de Ohm como las Leyes de Kirchhoff. Además, exploraremos los circuitos eléctricos en su contexto práctico, entendiendo cómo interactúan sus componentes (fuentes, resistencias y distintas configuraciones de estos elementos) para cumplir funciones específicas en aplicaciones reales.

El estudio de estos temas no solo fortalecerá la capacidad para resolver problemas teóricos, sino que también sienta las bases para enfrentar desafíos en el diseño y diagnóstico de circuitos. Se revisará como simplificar redes complejas mediante la reducción de resistencias equivalentes y a predecir el comportamiento de sistemas con múltiples trayectorias de corriente. Estos conocimientos son esenciales para avanzar en temas como análisis de circuitos como base a los circuitos digitales.

Clase 3: Circuitos Mixtos y Eléctricos.

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.

1.2.5 Circuitos Mixtos

Los circuitos mixtos son aquellos que combinan conexiones en serie y en paralelo dentro de un mismo sistema.

Su análisis requiere:

- Identificar bloques en serie y paralelo dentro del circuito.
- Simplificar gradualmente el circuito calculando resistencias equivalentes.
- Aplicar las leyes fundamentales (Ohm y Kirchhoff) para hallar variables desconocidas.

A. Definición de Nodo

Un nodo, en el contexto de los circuitos eléctricos, es un punto de conexión donde se unen dos o más componentes (como resistencias, fuentes de voltaje o cables), formando una interconexión que permite el flujo de corriente. Todos los puntos directamente conectados entre sí (sin elementos pasivos en medio) pertenecen al mismo nodo y comparten el mismo potencial eléctrico (voltaje). Según la Ley de Kirchhoff de Corrientes (LCK), la suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un nodo es cero, lo que lo convierte en un concepto fundamental para analizar y

resolver circuitos. Por ejemplo, en un circuito con resistencias en paralelo, el cable común que las une es un nodo clave para calcular corrientes y voltajes. Entre sus características se puede mencionar:

- **Punto de unión:** Conecta terminales de múltiples elementos del circuito.
- **Mismo potencial eléctrico:** Todos los puntos directamente conectados (sin resistencias intermedias) forman parte del mismo nodo y tienen el mismo voltaje.
- **Corrientes entrantes y salientes:** Según la Ley de Kirchhoff de Corrientes (LKC), la suma de corrientes que entran a un nodo es igual a la suma de corrientes que salen.

Si bien es cierto el concepto de nodo parece aplicarse a un punto dónde convergen varios elementos o conductores, en la práctica un nodo es un punto, línea o área en la que convergen varios elementos.

B. Identificación de Resistencias por bandas de colores

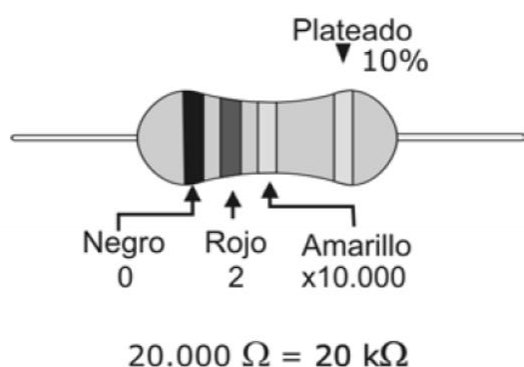
Las resistencias eléctricas son componentes que se utilizan para limitar o medir la corriente eléctrica en un circuito y para establecer el voltaje necesario para los dispositivos electrónicos. Las bandas de color de una resistencia están formada por una serie de bandas perpendiculares al sentido de los terminales de la resistencia, cada una de las cuales tiene un color específico que representa un valor numérico.

Las bandas de color de una resistencia suelen estar dispuestas de la siguiente manera:

Primero viene la banda que representa el primer dígito del valor de resistencia, seguida por la banda que representa el segundo dígito, a continuación hay una banda llamada banda de cero decimales o múltiplo, que indica cuántas veces se debe multiplicar los dos números anteriores para obtener el valor real de la resistencia. Finalmente, habrá una banda de tolerancia, que indica cuán preciso es el valor del medidor, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Bandas de colores de resistencias



Nota: Fuente Arboledas Brihuega, 2010b

La Tabla 1 muestra la equivalencia de colores para la primera y segunda banda en la columna “Código”, mientras que en la columna “Banda Multiplicadora” muestra el factor multiplicador $\times 10^n$ de la tercera banda.

Tabla 1

Tabla de colores para las resistencias eléctricas.

Color	Código Banda I y II	Banda Multiplicadora
Negro	0	1.0
Marrón	1	10
Rojo	2	100
Naranja	3	1.000 (1 k)
Amarillo	4	10.000 (10 k)
Verde	5	100.000 (100 k)
Azul	6	1.000.000 (1 M)
Violeta	7	10.000.000 (10 M)
Gris	8	100.000.000 (100 M)
	9	1.000.000.000 (1 G)
Dorado	Tolerancia 5%	Valor $\pm 5\%$
Plata	Tolerancia 10%	Valor $\pm 10\%$

Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

[Es importante aclarar que este modelo de 4 bandas se aplica para la mayoría de resistencias, sin embargo para resistencias de precisión se puede usar 5 o 6 bandas. En este sitio puede probar de manera dinámica configuraciones con resistencias de 4, 5 o 6 bandas de colores.](#)

C. Aplicaciones prácticas:

Para Resolver Circuitos Mixtos se pueden seguir los siguientes pasos:

i. Identificar Configuraciones:

- Agrupar resistencias en serie
 - suma directa: $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ (Arboledas Brihuega, 2010a)
- Agrupar resistencias en paralelo
 - suma de inversos: $1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$ (Arboledas Brihuega, 2010a)

ii. Redibujar el Circuito Simplificado:

- Sustituir cada grupo de resistencias por su equivalente.

iii. Calcular Variables Globales:

- Usar la Ley de Ohm ($V = R \times I$)

iv. Analizar Detalles por Rama:

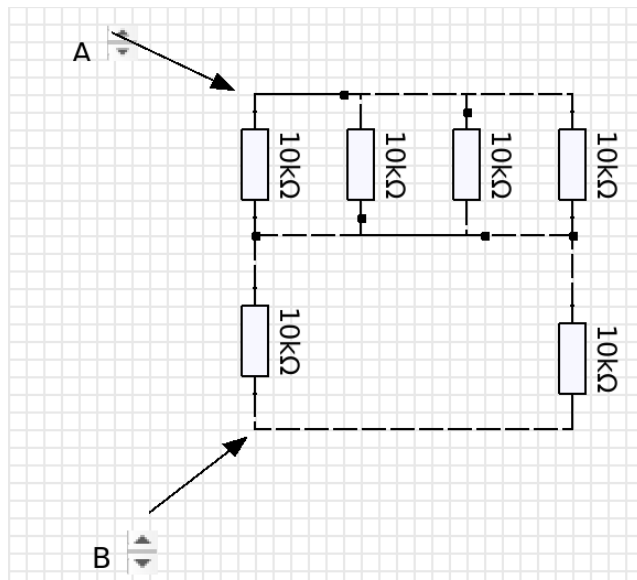
- Volver al circuito original para calcular corrientes o voltajes específicos.

Ejercicio 1:

Encuentre la resistencia equivalente entre los puntos A y B de la Figura 2 .

Figura 2

Circuito Mixto que combina resistencias en serie y paralelo.



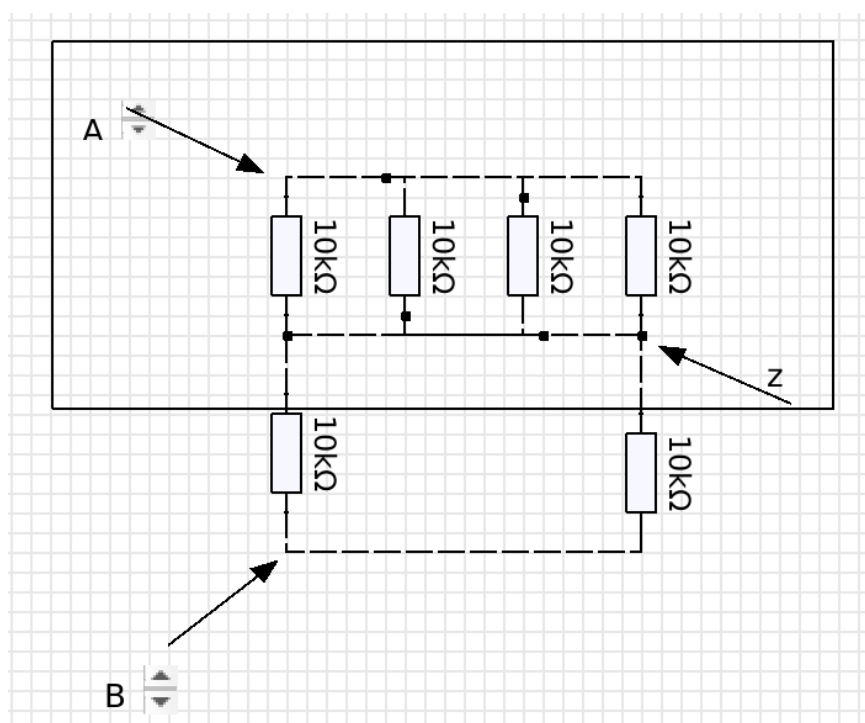
Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

En este circuito el punto A, corresponde también al nodo A, en el que convergen un extremo de las cuatro primeras resistencias, ya que si se aprecia con detalle en la misma línea superior están conectadas cuatro resistencias que, en su orden, las llamaremos R_1 , R_2 , R_3 y R_4 . El mismo criterio podemos aplicar al punto B, el cual a la vez es el nodo B. La línea intermedia entre las resistencias del bloque superior e inferior la denominaremos nodo z con el fin de facilitar el análisis de este circuito.

Al analizar el circuito se puede observar que en la parte superior del mismo existen cuatro resistencia en paralelo, tal como se puede apreciar en la Figura 3, dónde se ha identificado el nodo A y z donde se conectan los dos extremos de estas resistencias.

Figura 3

Primer bloque de resistencias en paralelo.



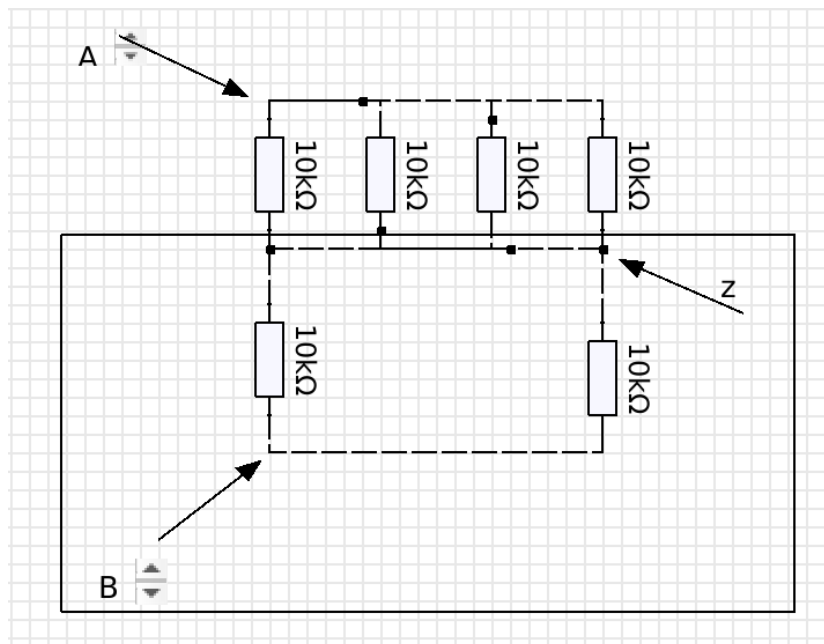
Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

De este primer bloque se puede calcular la resistencia equivalente 1 Req_1 de ese paralelo, tal como se realizará mas adelante luego de analizar todo el circuito.

De igual manera se puede identificar un segundo bloque de resistencias en paralelo entre los nodos z y B con un paralelo de dos resistencias, tal como se muestra en la Figura 4, y del cual también se obtendrá la resistencia equivalente 2 Req_2 .

Figura 4

Segundo bloque de resistencias en paralelo.

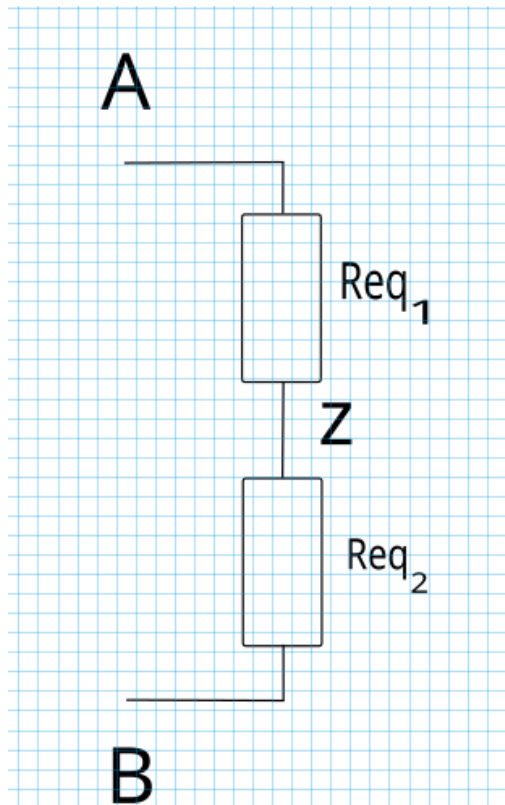


Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Con las dos resistencias equivalentes Req_1 y Req_2 se obtiene el circuito simplificado redibujado, tal como se muestra en la Figura 5 y dónde se puede identificar claramente que se trata de una configuración de resistencias en serie entre las dos resistencias equivalentes, por tanto la resistencia equivalente total será el resultado de la serie entre Req_1 y Req_2 .

Figura 5

Resistencias equivalentes 1 y 2.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Resolvamos a continuación cada uno de los bloques de resistencias en paralelo y luego la serie de esos resultados.

Para el primer bloque entre los nodos A y z se tienen 4 resistencias en paralelo, por tanto como habíamos visto previamente su resistencia equivalente Req_1 será:

Ecuación 1

Resistencia Equivalente de Resistencias en Paralelo

$$\frac{1}{Req} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

Al reemplazar los valores se obtiene

$$R_{eq1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{10} k\Omega + \frac{1}{10} k\Omega + \frac{1}{10} k\Omega + \frac{1}{10} k\Omega\right)} = 2.5 k\Omega$$

De igual manera para el segundo bloque entre los nodos z y B se tienen 2 resistencias en paralelo, por tanto como habíamos visto previamente su resistencia equivalente R_{eq2} será:

$$\frac{1}{R_{eq2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

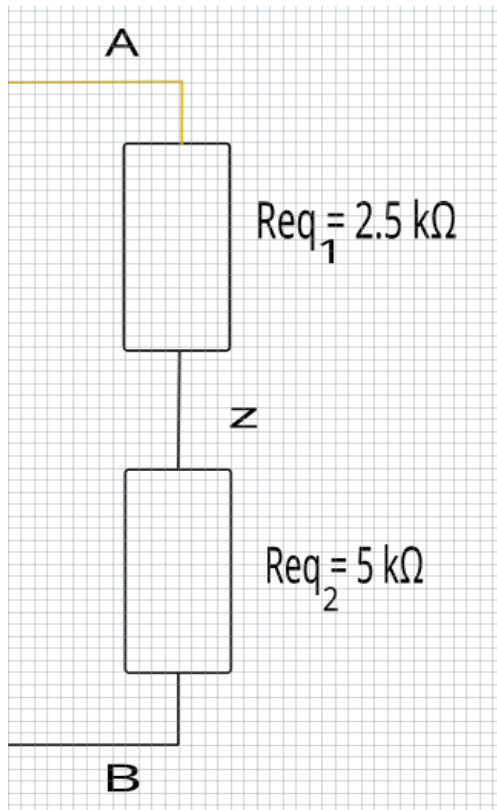
Al reemplazar los valores se obtiene R_{eq1} y R_{eq2}

$$R_{eq2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{10} k\Omega + \frac{1}{10} k\Omega\right)} = 5 k\Omega$$

De esta manera con las resistencias equivalentes obtenemos un nuevo circuito simplificado equivalente en donde podemos identificar la serie de las resistencias R_{eq1} y R_{eq2} , tal como se muestra en la Figura 6

Figura 6

Circuito equivalente simplificado.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Para calcular la resistencia equivalente total Req_{tot} aplicamos la fórmula para las resistencias en serie:

$$Req_{tot} = R_1 + R_2$$

Reemplazando los valores:

$$\begin{aligned} Req_{tot} &= 2.5\text{k}\Omega + 5\text{k}\Omega \\ Req_{tot} &= 7.5\text{k}\Omega \end{aligned}$$

Con lo que se determina que la resistencia equivalente total Req_{tot} es de $7.5\text{ K}\Omega$

1.2.6 Circuitos eléctricos

Un circuito eléctrico es un camino cerrado compuesto por componentes activos y pasivos interconectados que permiten el flujo de corriente eléctrica para realizar una función específica, como transmitir energía, procesar señales o almacenar datos.

A. Elementos Pasivos: No generan energía, solo la consumen, almacenan o disipan de tal manera que su comportamiento depende exclusivamente de la energía suministrada por los elementos activos. La Tabla 1 Tabla 2 muestra algunos ejemplos de elementos pasivos de un circuito. Para este curso nos centraremos en circuitos con resistencias y no se considerarán los otros elementos.

Tabla 2

Listado de componentes pasivos de un circuito eléctrico.

Componente	Función	Relación Voltaje-
Resistor	Disipa energía en forma de calor (Ley de Joule).	$V = R \cdot I$ (Ley de Ohm)
Capacitor	Almacena energía en un campo eléctrico.	$I = C \frac{dV}{dt}$
Inductor	Almacena energía en un campo magnético.	$V = L \frac{dI}{dt}$

Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

B. Elementos activos: Generan, amplifican o controlan energía, convirtiendo otro tipo de energía (química, mecánica, etc.) en eléctrica. La Tabla 3 muestra la descripción de varios elementos activos de un circuito.

Tabla 3

Listado de componentes activos de un circuito eléctrico.

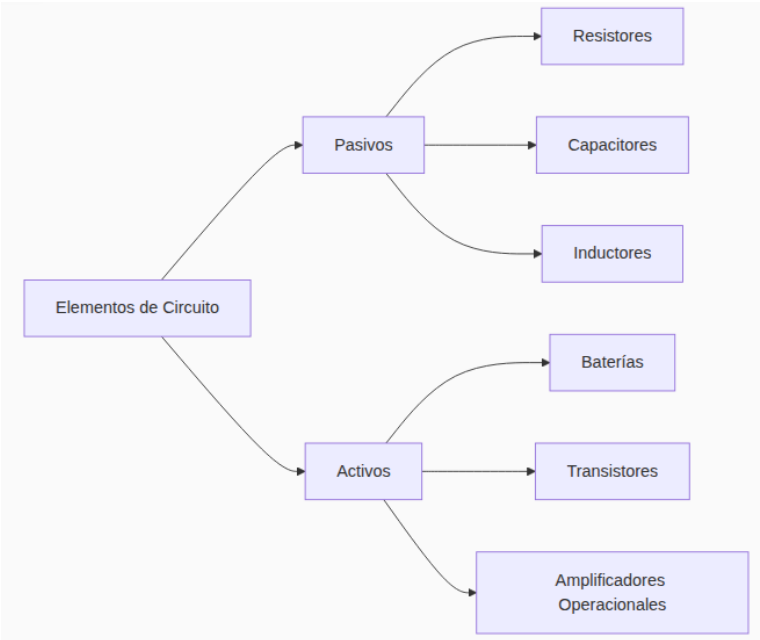
Componente	Función
Batería	Convierte energía química en eléctrica (fuente de voltaje DC).
Generador	Convierte energía mecánica en eléctrica (AC/DC).
Transistor	Amplifica o conmuta señales electrónicas.
Amplificador Operacional	Amplifica señales con alta ganancia.

Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

La Figura 7 muestra un organizador gráfico de los distintos elementos de un circuito eléctrico.

Figura 7

Elementos pasivos y activos de un circuito eléctrico.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

C. Relaciones entre Amperio, Ohm, Miliamperio y Kiloohm:

Estas unidades fundamentales de electricidad están relacionadas mediante la Ley de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

y se ajusta al Sistema Internacional de Unidades (SI). En la Tabla 4 se muestra el desglose detallado:

Tabla 4

Unidades eléctricas relacionadas con la Ley de Ohm.

Magnitud	Unidad Base (SI)	Submúltiplos/Múltiplos	Conversiones Clave
Corriente	Amperio (A)	1 miliamperio (mA) = 10^{-3} A	1 A = 1,000 mA
Resistencia	Ohm (Ω)	1 kiloohm ($k\Omega$) = $10^3 \Omega$	1 $k\Omega$ = 1,000 Ω

Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Tenga en cuenta que: si las operaciones consideran resistencias en $K\Omega$ (Kiloomios), la corriente calculada con la Ley de Ohm será en mA (miliamperios) y viceversa, si se tiene una corriente en mA (miliamperios), la resistencia calculada será en $K\Omega$.

Tenga en cuenta que: si las operaciones consideran resistencias en $K\Omega$ (Kiloomios) y la corriente de las mismas en mA (miliamperios) La unidad de la diferencia de potencial de estos elementos será en V (voltios).

1.2.7 Ejercicios

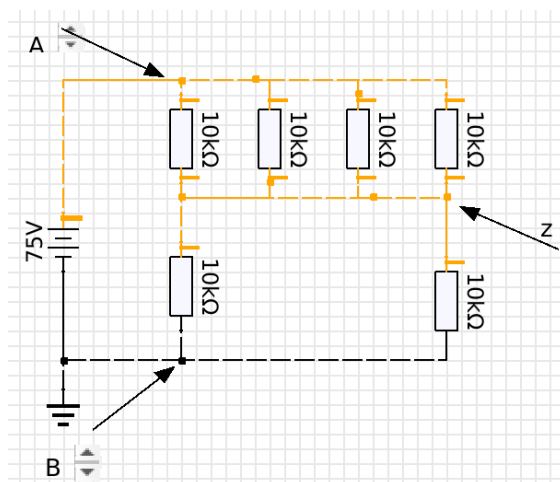
Ejercicio 2:

Encuentre las corriente que entrega la fuente y las corrientes y voltajes de cada una de las resistencias si los puntos A y B se conectan a una fuente de 75 V.

Incorporando la fuente de 75 V tendríamos circuito mostrado en la Figura 8 :

Figura 8

Circuito previo conectado a una fuente de 75 V.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Observe en la Figura 8 que en el punto B hemos añadido el elemento “Masa (0V)”, con lo cual ese punto será la referencia de voltaje cero o tierra.

Dado que los nodos A y z son los puntos comunes del paralelo de las cuatro primeras resistencias, al encontrar el voltaje entre los nodos A y z, a la vez estamos encontrando el voltaje de las cuatro resistencias.

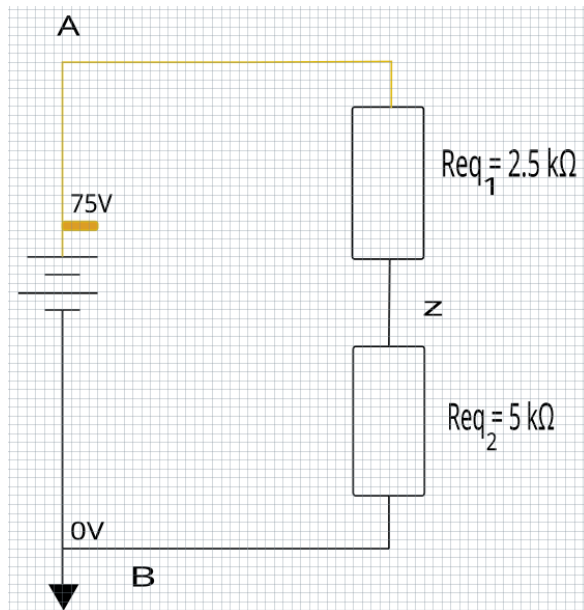
Para tener mas clara la idea, podemos analizar la Figura 9 , dónde se han reemplazado las Req_1 y Req_2 ; aquí se puede apreciar claramente que el voltaje de la Req_1 entre los nodos A y z, es el mismo voltaje del paralelo de las cuatro resistencias de la parte superior y el voltaje entre los nodos z y B, es el mismo voltaje del paralelo de las dos resistencias de la parte inferior.

El enunciado de este ejercicio nos pide encontrar:

- Las corriente que entrega la fuente I_s
- Las corrientes de todas las resistencias
- Los voltajes de cada una de las resistencias

Figura 9

Circuito simplificado equivalente.

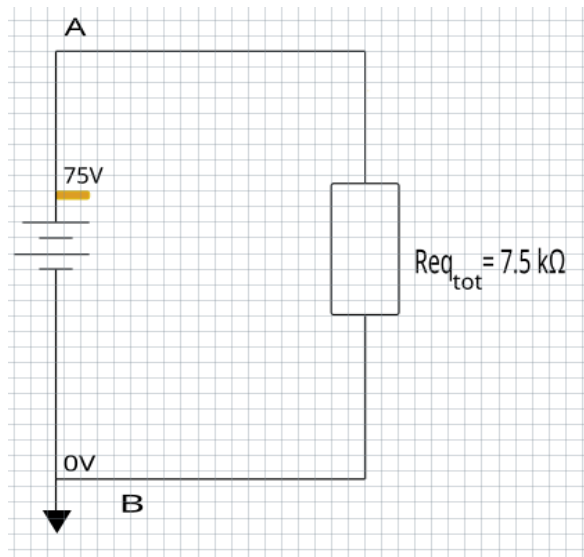


Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Comenzaremos encontrando la corriente que entrega la fuente, para ello será necesario encontrar la resistencia equivalente total, lo cual habíamos resuelto previamente y se documenta en la Figura 10, donde se encontró que la resistencia equivalente total es de 7.5 Kohms con lo que podemos graficar el circuito simplificado que se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Resistencia equivalente total.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

En este circuito simplificado podemos aplicar la Ley de Ohm y obtener la corriente I_s de la fuente:

$$I_s = \frac{V_s}{Req_{tot}}$$

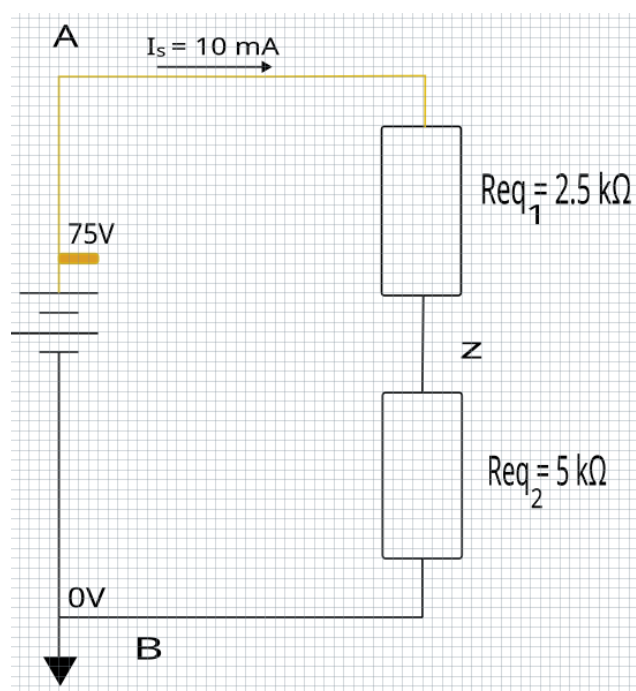
Reemplazando los valores:

$$I_s = \frac{(75V)}{(7.5K\Omega)} = 10mA$$

Una vez determinada la corriente I_s , podemos aplicar la Ley de Ohm para encontrar los voltajes de las resistencias equivalentes Req_1 y Req_2 tal como se muestra en la Figura 11 .

Figura 11

Corriente I_s de la fuente que alimenta a dos resistencias en serie.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Dado que no se tienen derivaciones en los nodos A, z y B, la corriente de la fuente alimenta completamente a Req_1 y luego cuando sale por la parte inferior alimenta a Req_2 , por tanto ya que se tiene la corriente en cada una de ellas y se tiene su valor de resistencia se puede calcular su voltaje.

Voltaje en la resistencia Req_1 :

$$\begin{aligned} V_{Req1} &= Req_1 \cdot I_s \\ V_{Req1} &= 2.5K\Omega \cdot 10mA \\ V_{Req1} &= 25V \end{aligned}$$

Al tener el voltaje de la resistencia Req_1 también tenemos el voltaje que se aplica al paralelo de las resistencias R_1 , R_2 , R_3 y R_4 por lo que aplicando la Ley de Ohm podemos encontrar la corriente en cada una de las resistencias. Así:

$$I_{R1} = \frac{V_{Req1}}{R_1}$$

Reemplazando los valores:

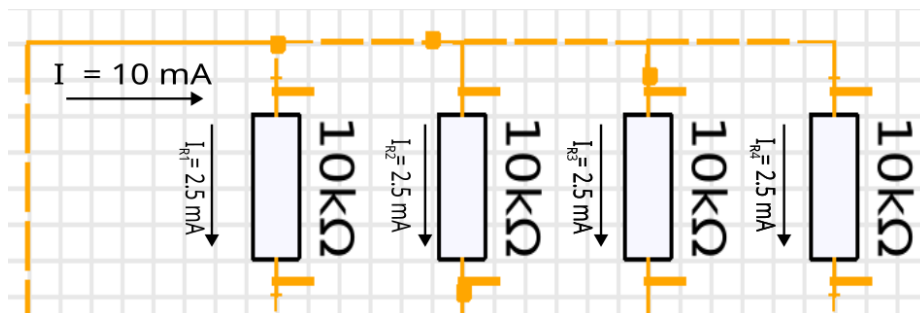
$$I_{R1} = \frac{25V}{10K\Omega} = 2.5mA$$

En este caso todas las resistencias son iguales de $10\text{ K}\Omega$ por lo que la corriente será la misma en cada una de las resistencias, tal como se puede apreciar en la Figura 12 :

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I_{R4} = 2.5\text{mA}$$

Figura 12

Verificación de la Ley de las corrientes de Kircchoff LCK.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Adicionalmente, tal como se muestra en la Figura 12 aquí se puede verificar el cumplimiento de la Ley de las corrientes de Kircchof LCK, donde la corriente que entra desde la fuente al nodo A es igual a la suma de las corrientes que salen del mismo hacia las resistencias R_1 , R_2 , R_3 y R_4 , es decir:

$$I_s = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} + I_{R4}$$

Reemplazando valores:

$$10\text{mA} = 2.5\text{mA} + 2.5\text{mA} + 2.5\text{mA} + 2.5\text{mA}$$

De igual manera procederemos para determinar el voltaje de la resistencia equivalente 2 Req_2 :

Voltaje en la resistencia Req_2 :

$$V_{Req2} = Req_2 \cdot I_s$$

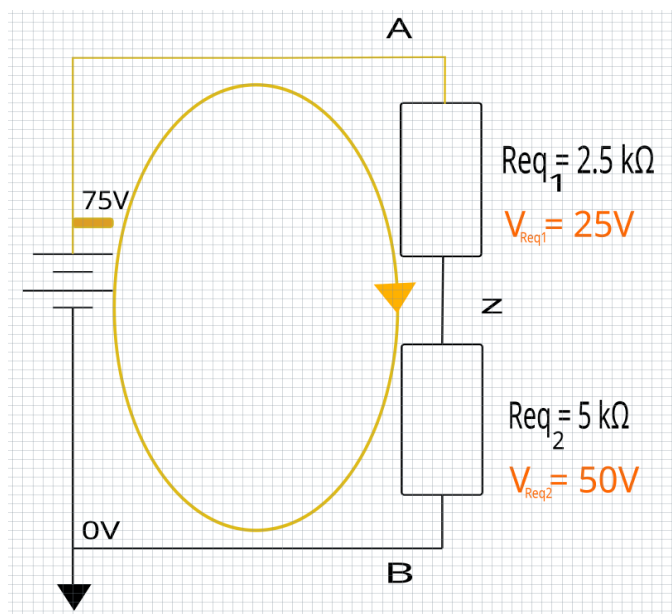
Reemplazando los valores se tiene:

$$V_{Req2} = 5\text{K}\Omega \cdot 10\text{mA} = 50\text{V}$$

En este punto podemos confirmar la Ley de los Voltajes de Kircchoff, en dónde en una trayectoria cerrada la suma de los voltajes de los elementos pasivos es igual al voltaje de la fuente, tal como se puede apreciar en la Figura 13 :

Figura 13

Verificación de la Ley de los Voltajes de Kircchoff LVK.



Nota: Elaborado por Escobar C. (2025)

Como ya tenemos el voltaje de la resistencia Req_2 , que es el mismo voltaje que se aplica al paralelo de las resistencias de la parte inferior del circuito R_5 y R_6 , aplicando la ley de ohm podemos determinar las corrientes de cada una de ellas.

$$I_{R5} = \frac{V_{Req2}}{I_s}$$

Reemplazando los valores:

$$I_{R5} = \frac{50V}{10mA} = 5mA$$

También en este caso las resistencias R_5 y R_6 son del mismo valor, por lo que:

$$I_{R5} = I_{R6} = 5mA$$

Nuevamente en este caso podemos apreciar que la corriente de la fuente I_s que entra al nodo z se distribuye entre las resistencias R_5 y R_6 :

$$I_s = I_{R5} + I_{R6}$$

Es decir:

$$I_s = 5mA + 5mA = 10mA$$

se debe tener cuidado en no interpretar que la corriente se divide en partes iguales en las resistencias que salen de un nodo, sino que en este caso particular todas las resistencias tienen el mismo valor y al estar en paralelo y tener el mismo voltaje aplicado se obtiene la misma corriente para cada una de ellas.

Para verificar estos valores y comprender de mejor manera el comportamiento de los circuitos eléctricos es importante implementar y probar las simulaciones de estos circuitos en la herramienta KTechlab (Gálvez, 2008), [o en su defecto puede también probar el simulador de circuitos QUCS-S \(Kuznetsov V, 2025\), que será usado mas adelante en este curso.](#)

En esta clase hemos visto que un circuito eléctrico es un sistema interconectado de componentes (fuentes, resistencias, interruptores, etc.) que forman una trayectoria cerrada para el flujo de corriente eléctrica, permitiendo funciones como generar, transmitir o controlar energía y señales. Puede ser serie, paralelo o mixto, y opera bajo leyes fundamentales como Ohm y Kirchhoff. Su aplicación abarca desde dispositivos cotidianos (electrodomésticos, móviles) hasta infraestructuras complejas, requiriendo diseño seguro para evitar riesgos.

Referencias citadas en la Clase 3.

Arboledas Brihuega, D. (2010a). Electricidad básica. Starbook.
Arboledas Brihuega, D. (2010b). Electrónica básica. Paracuellos de Jarama.
<https://elibro.puce.elogim.com/es/ereader/puce/106571>
Gálvez, J. (2008). SIMULACIÓN ELECTRÓNICA CON KTECHLAB.
https://sourceforge.net/projects/ktechlab/files/ktechlab/user%20docs/KTechLab_es.pdf/download
Kuznetsov V, B. M. (2025). Simulador de circuitos QUCS-S. QUCS-S. <https://ra3xdh.github.io/>

Definición de los términos citados en la Clase 3.

Elementos Pasivos: No generan energía, solo la consumen, almacenan o disipan de tal manera que su comportamiento depende exclusivamente de la energía suministrada por los elementos activos. La tabla 1 muestra algunos ejemplos de elementos pasivos de un circuito. Para este curso nos centraremos en circuitos con resistencias y no se considerarán los otros elementos.

Elementos activos: Generan, amplifican o controlan energía, convirtiendo otro tipo de energía (química, mecánica, etc.) en eléctrica. La tabla 2 muestra la descripción de varios elementos activos de un circuito.



La excelencia no se improvisa

síguenos

