



Universidad de la República
Uruguay



núcleo de ingeniería biomédica

ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA CON SEGURIDAD

Clase 2 – Electricidad B / Simulador de circuitos Falstad 18 de marzo de 2025

Prof. Franco Simini, Lic. Natalia Garay,
Br. Alejandra Rial

núcleo de ingeniería biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería
HC piso 15 sala 2

Contenido de la clase

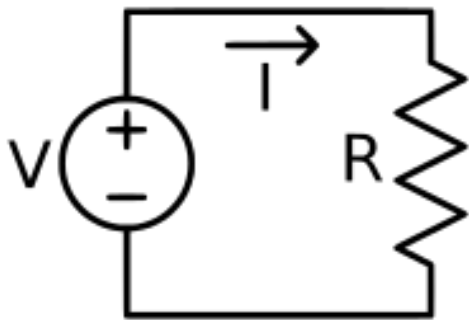
- Ley de Ohm
- Leyes de Kirchhoff
- Configuración de resistencias equivalentes
- Efecto Joule
- Simulador de circuitos Falstad

Circuitos eléctricos y sus componentes

Circuito eléctrico:

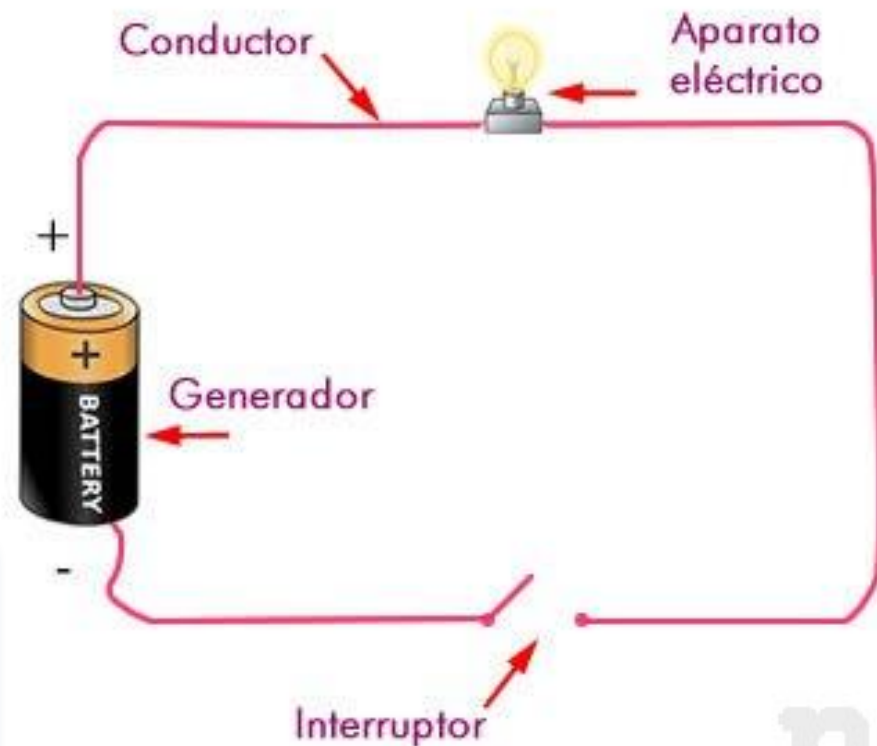
Camino cerrado por el cual circulan cargas eléctricas.

Esquemático



POR CONVENCIÓN: LA CORRIENTE SALE DEL POLO **POSITIVO HACIA EL NEGATIVO** DE LA FUENTE

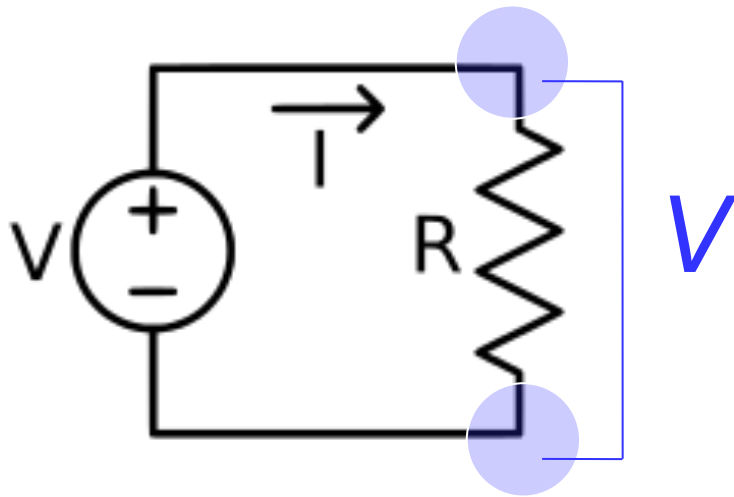
Representación libre



Ley de Ohm

Enunciado:

La diferencia de potencial (V) entre los extremos de un resistor es directamente proporcional a la corriente eléctrica (I) que lo recorre.



$$V = R \times I$$

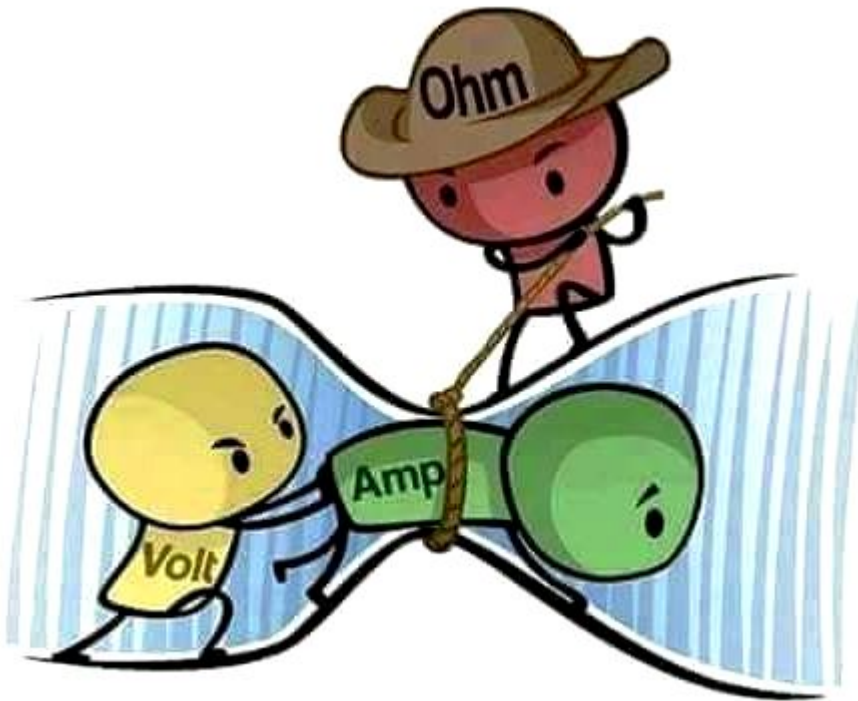


$$I = V / R$$

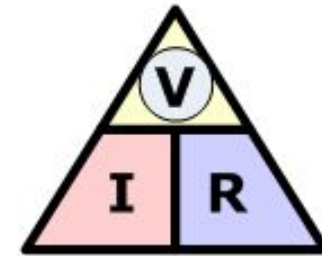
Esa proporcionalidad está dada por la resistencia R.



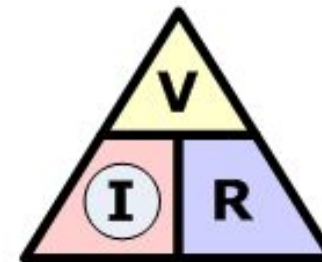
Ley de Ohm



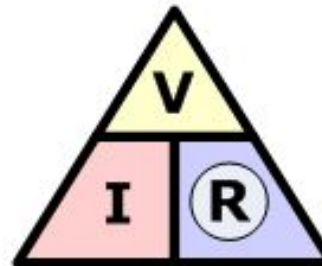
- Con R invariante (constante):
Si V aumenta $\longrightarrow$ I aumenta
- Con V invariante (constante)
Si R aumenta $\longrightarrow$ I disminuye
- Con I constante:
Si V aumenta $\longrightarrow$ R aumenta



$$\textcircled{V} = I \times R$$

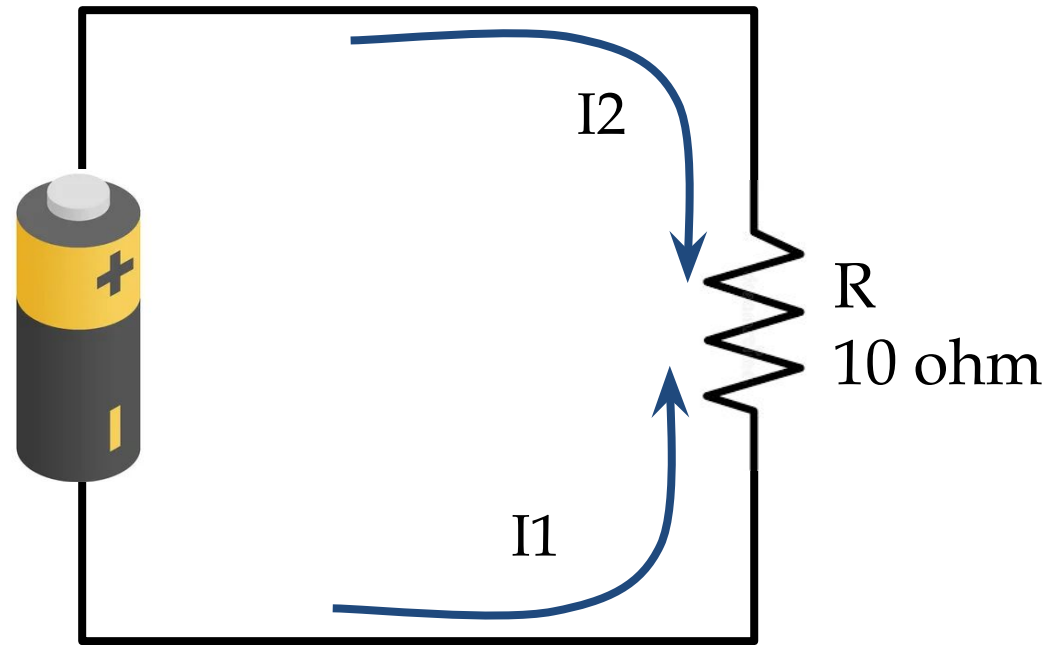


$$\textcircled{I} = \frac{V}{R}$$



$$\textcircled{R} = \frac{V}{I}$$

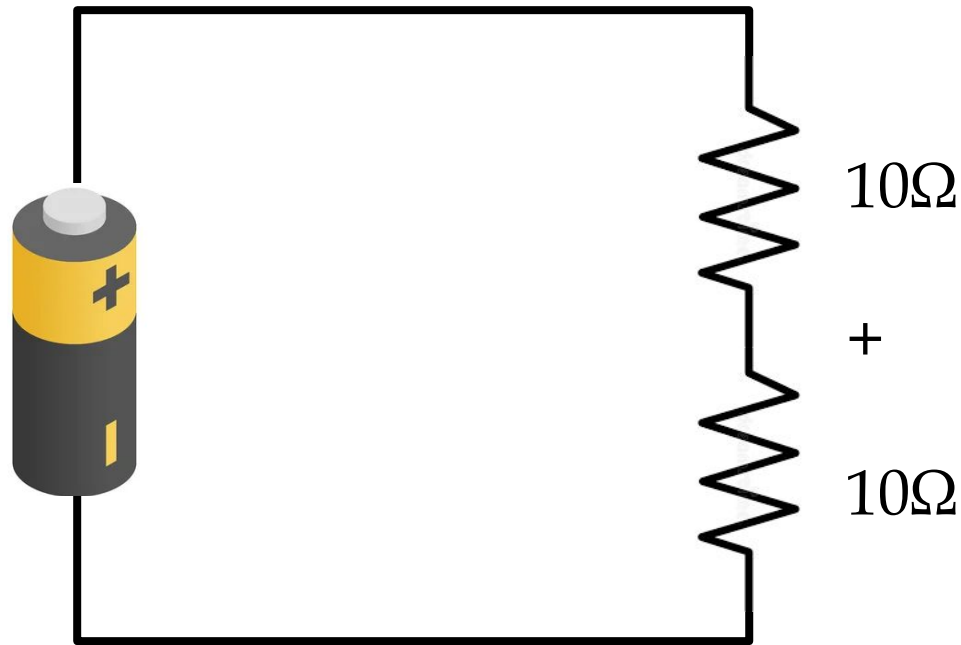
Pregunta 1



¿Para qué lado circula la corriente?

- a- Según I1 (sentido antihorario)
- b- Según I2 (sentido horario)
- c- No circula
- d- En ambos sentidos

Pregunta 2

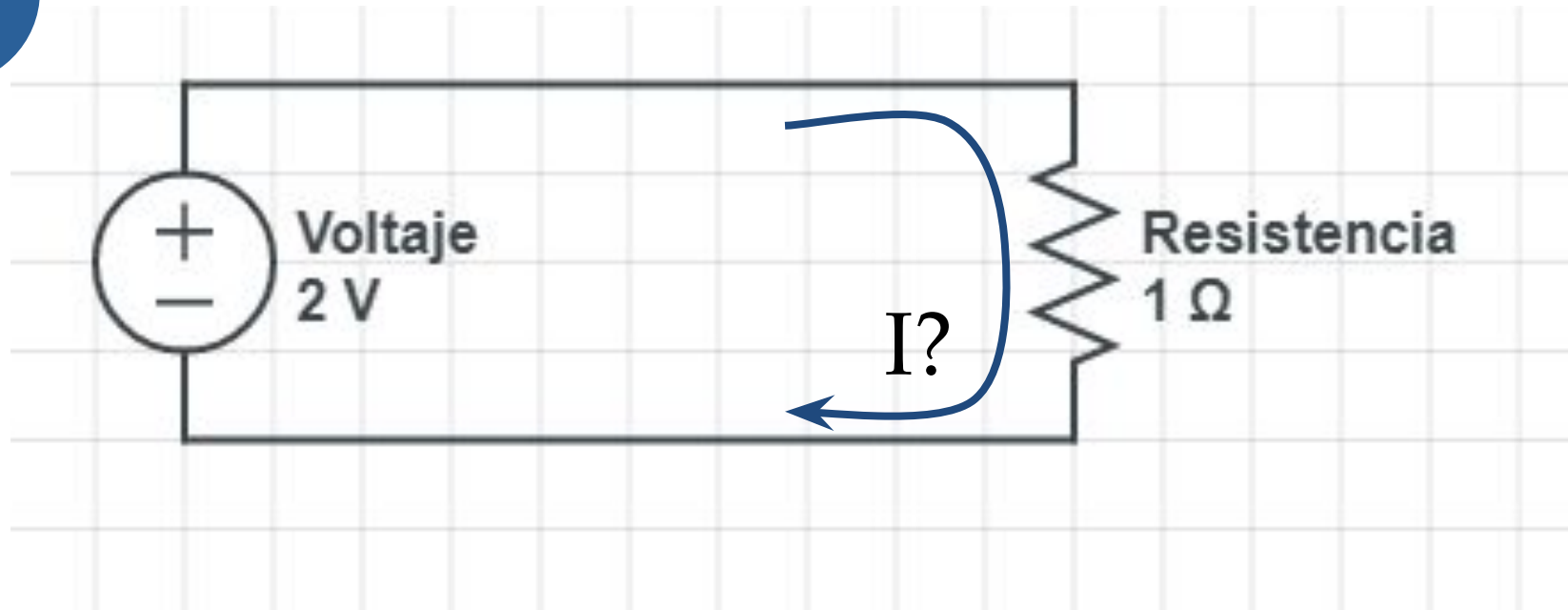


Ahora con dos resistencias, ¿circula más o menos corriente que en el caso anterior?

- a- Circula más corriente
- b- Circula menos corriente
- c- Circula la misma corriente
- d- No circula corriente

Ejercicio

1

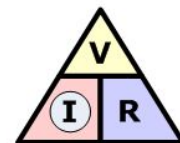


En el circuito de la figura se muestra una fuente de tensión de 2V y una resistencia de 1Ω

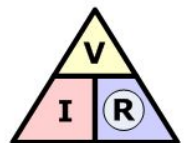
Calcule la corriente I que circula por R.



$$\textcircled{V} = I \times R$$



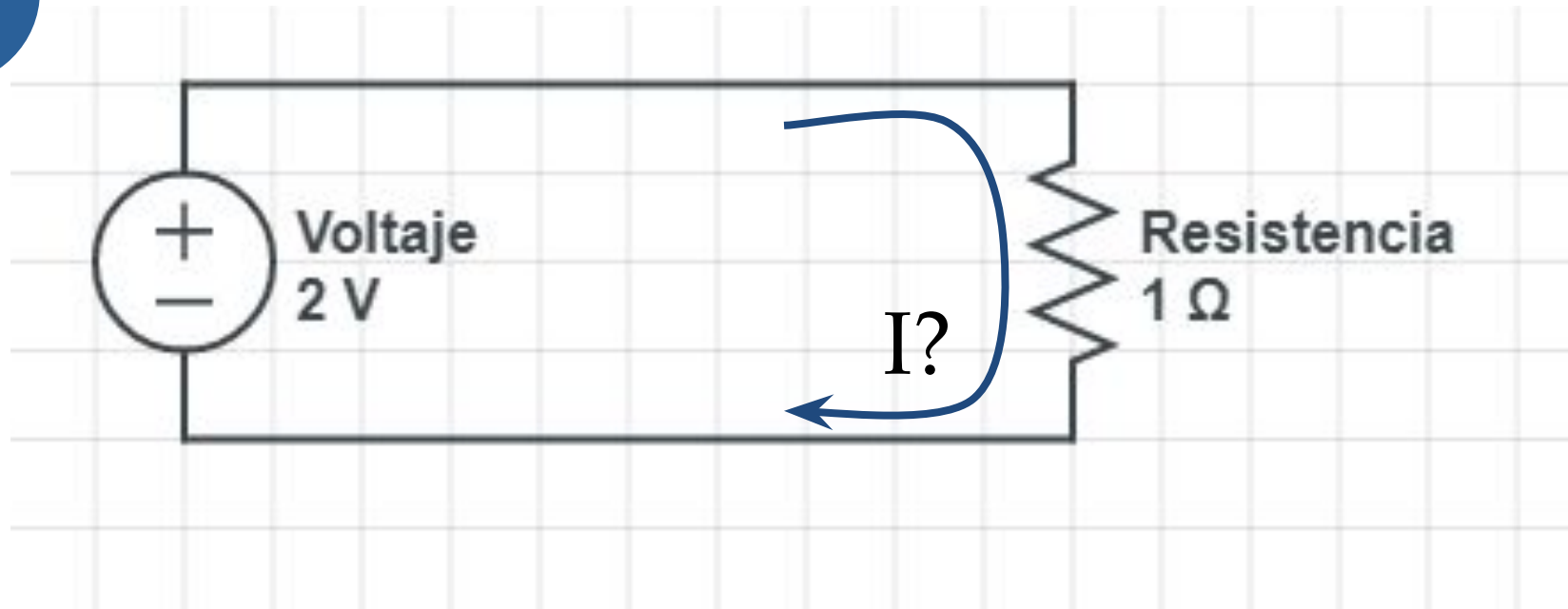
$$\textcircled{I} = \frac{V}{R}$$



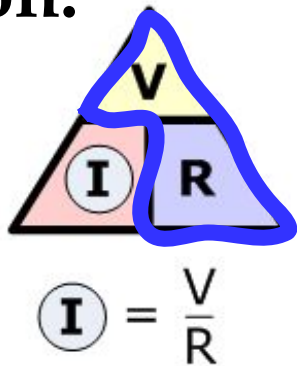
$$\textcircled{R} = \frac{V}{I}$$

Solución

1



Solución:



$$I = V/R = 2V / 1\Omega = 2A$$

Ejercicio

2



En el circuito de la figura se tiene una fuente de tensión de 2V, y se sabe que por la resistencia R circula una corriente de 5A. Calcule el valor de la resistencia.

Three triangles representing Ohm's Law relationships:

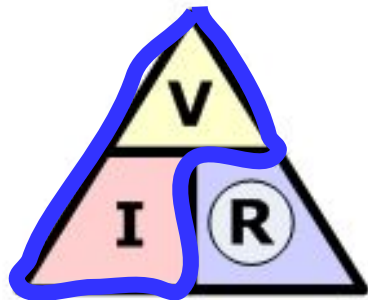
- Triangle 1: V at the top, I at the bottom left, R at the bottom right. Below it: $V = I \times R$
- Triangle 2: V at the top, I at the bottom left, R at the bottom right. Below it: $I = \frac{V}{R}$
- Triangle 3: V at the top, I at the bottom left, R at the bottom right. Below it: $R = \frac{V}{I}$

Solución

2



Solución:



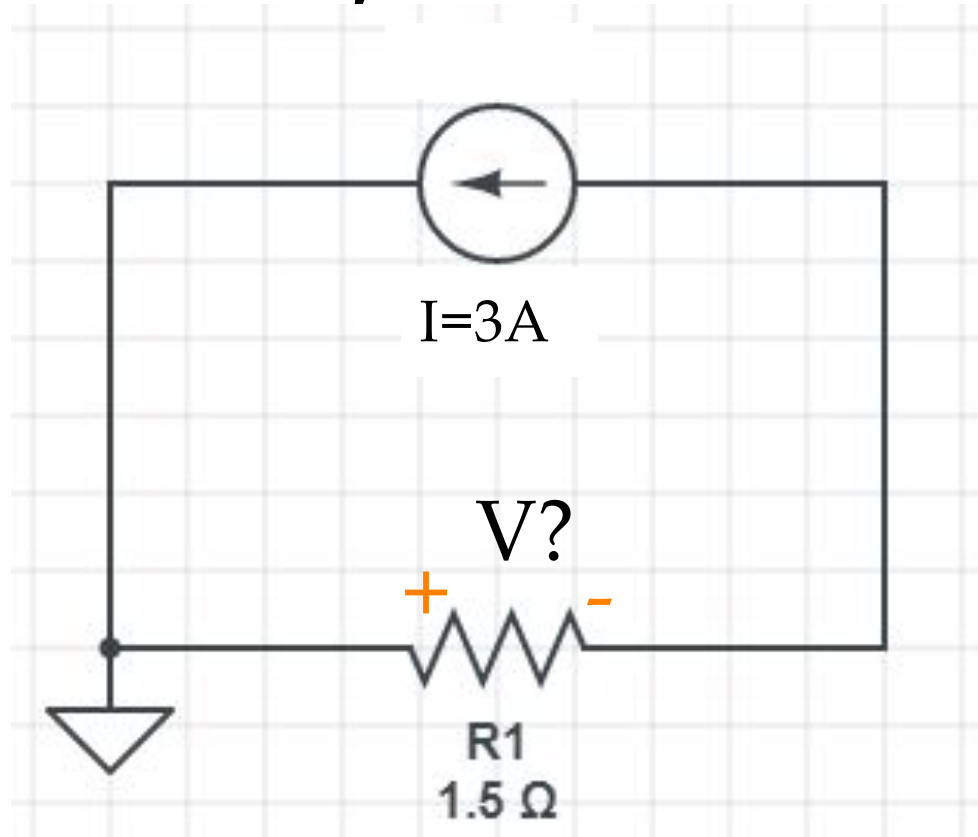
$$R = \frac{V}{I}$$



$$R = V/I = 2V/5A = 0.4\Omega$$

Ejercicio

3



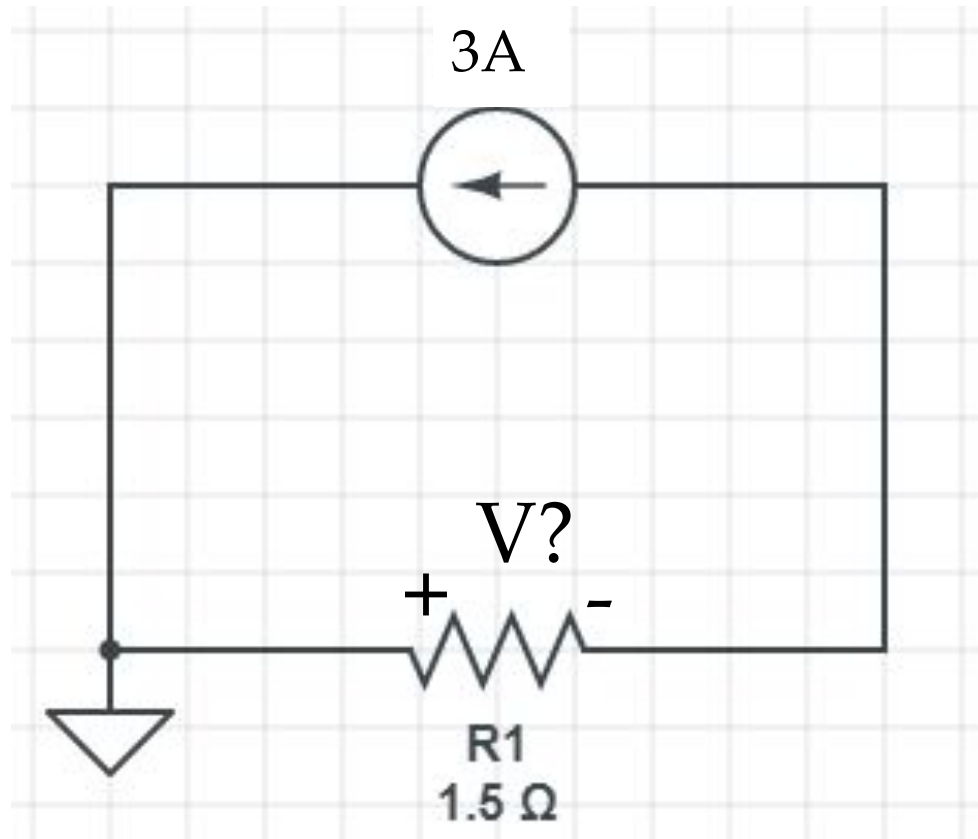
En el circuito de la figura circula una corriente de 3A y tiene un resistencia de 1.5Ω

Calcule la diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia.

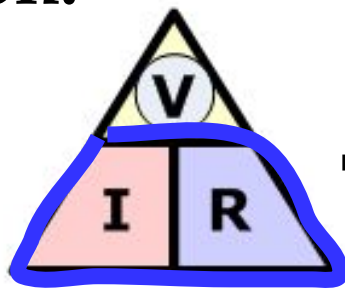
$$\begin{aligned} \text{Triangle 1: } V &= I \times R \\ \text{Triangle 2: } I &= \frac{V}{R} \\ \text{Triangle 3: } R &= \frac{V}{I} \end{aligned}$$

Solución

3



Solución:



$$\textcircled{V} = I \times R$$



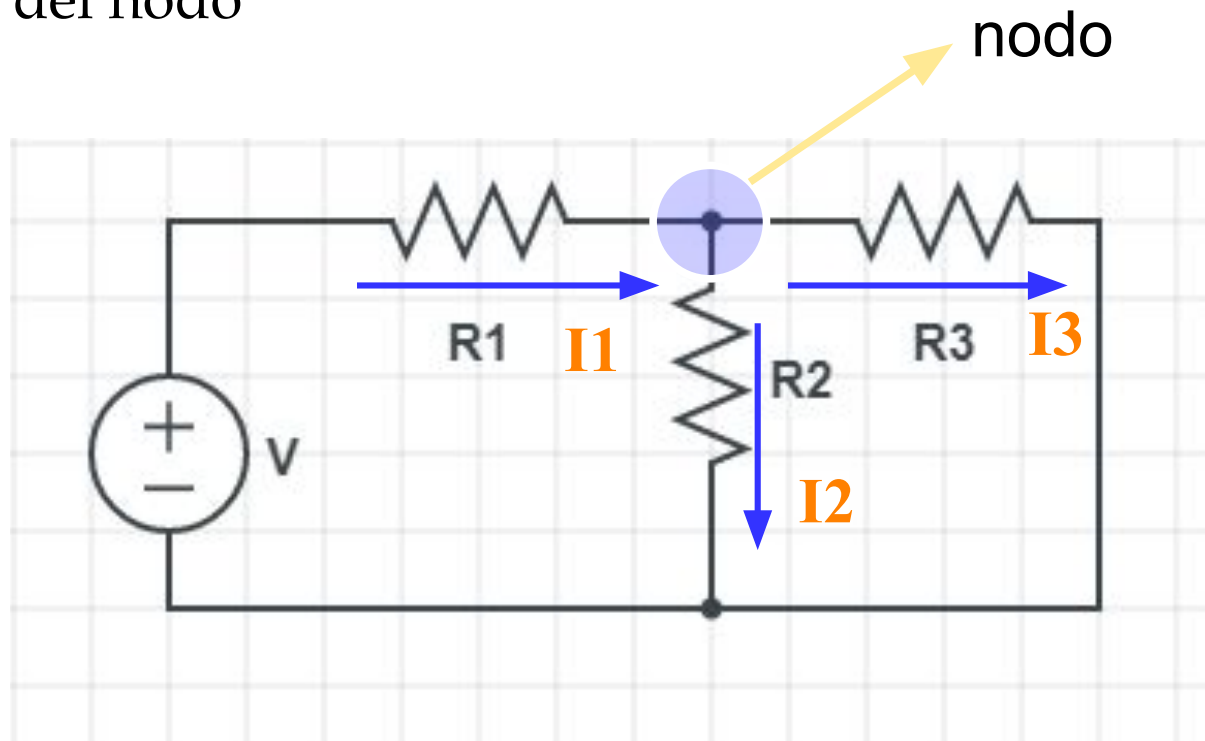
$$V = I \times R = 3A \times 1.5\Omega = 4.5V$$

Primera ley de Kirchhoff

O Ley de nodos

Enunciado:

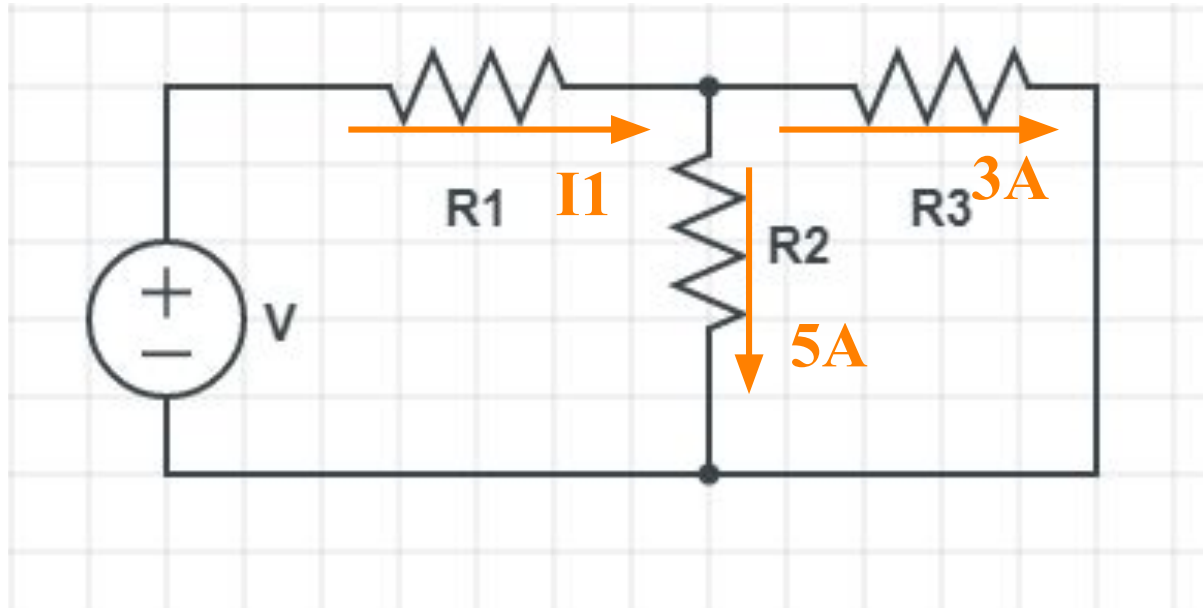
La suma de las **corrientes** que **entran** es **igual** a la suma de las corrientes que **salen** del nodo



$$I_1 = I_2 + I_3$$

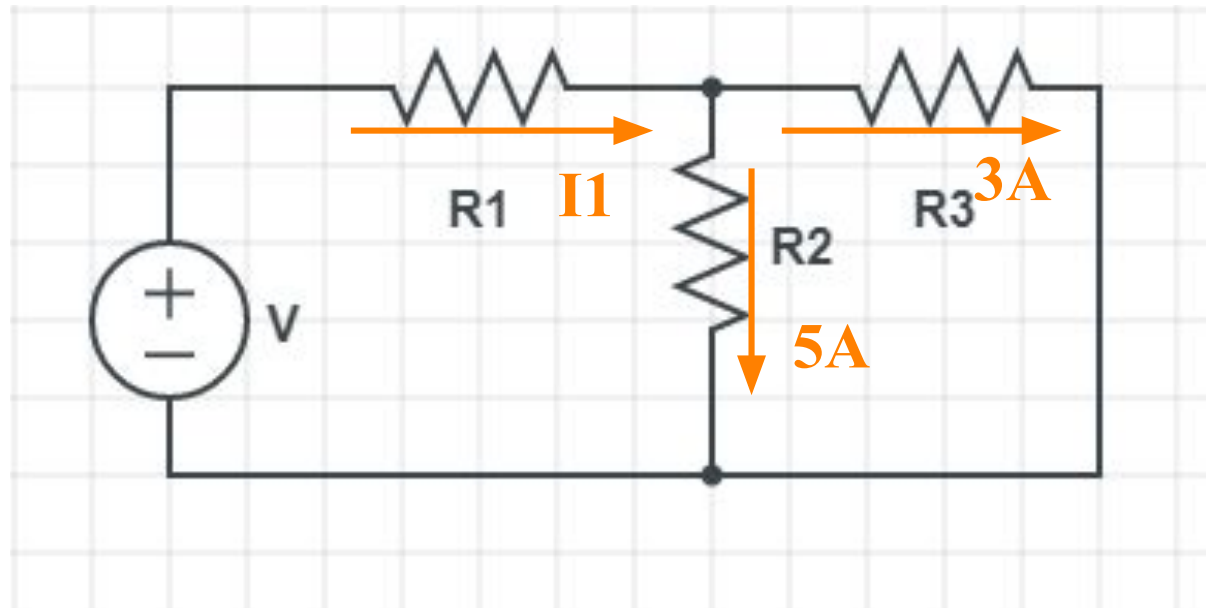
Ejemplo

Ley de nodos



Calcular I_1

$$I_1 = I_2 + I_3$$



Solución:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 = 5 + 3$$

$$I_1 = 8 \text{ A}$$

Segunda ley de Kirchhoff

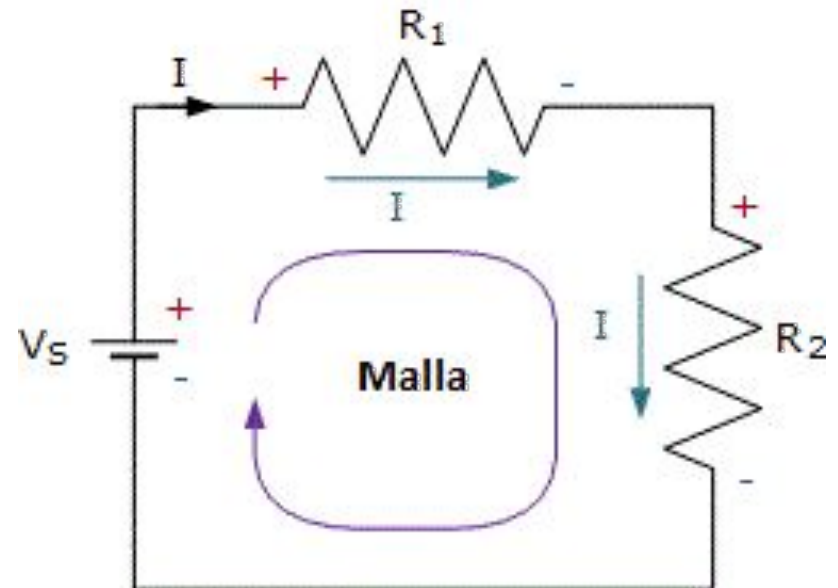
O Ley de mallas

Enunciado

La suma **algebraica*** de las diferencias de potencial en un lazo cualquiera es igual a 0.

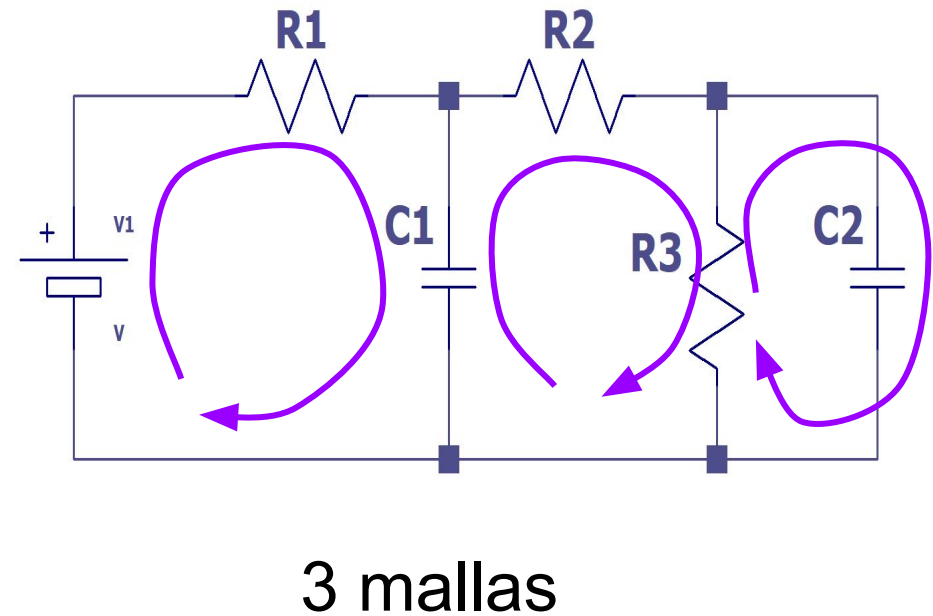
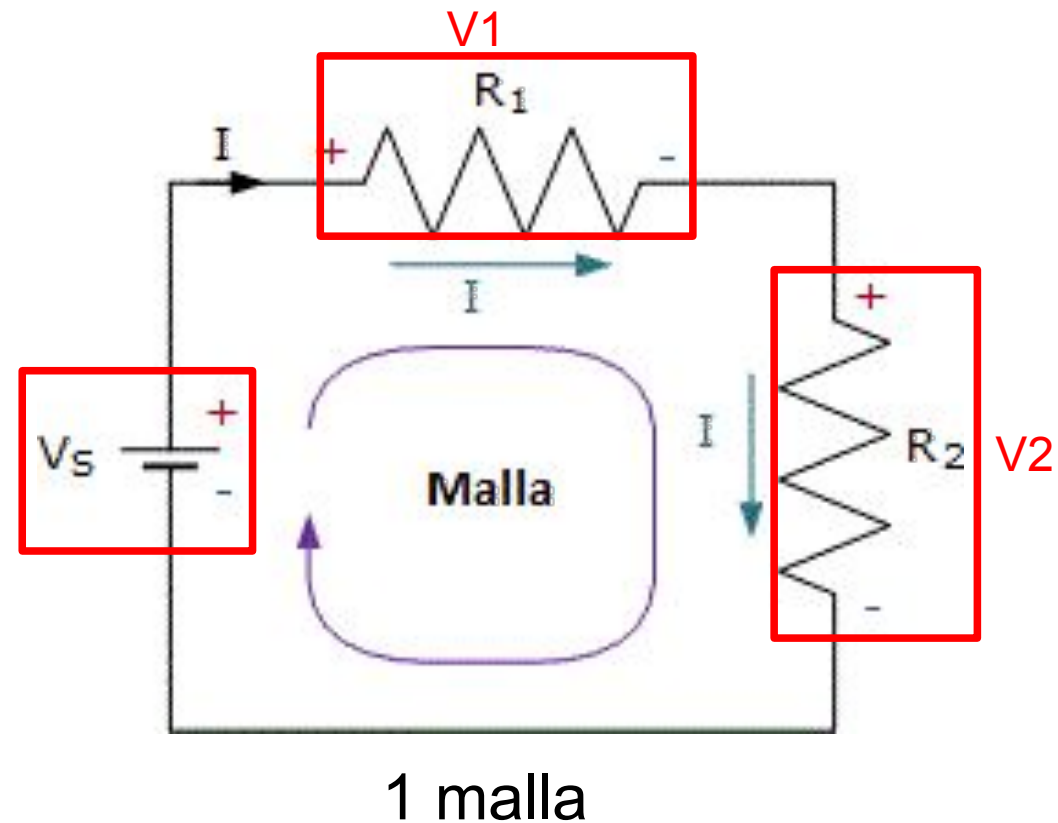
Ejemplo: $-V_s + V_1 + V_2 = 0$

$$-V_s + R_1 \cdot I + R_2 \cdot I = 0$$



***algebraica**: tener en cuenta polaridades (+ -) de las fuentes y de las caídas de tensión alrededor de una malla

Ejemplos de identificación de mallas



R_1 , R_2 , R_3 son resistencias (en ohm)
 C_1 , C_2 son capacitores (faradios, F)

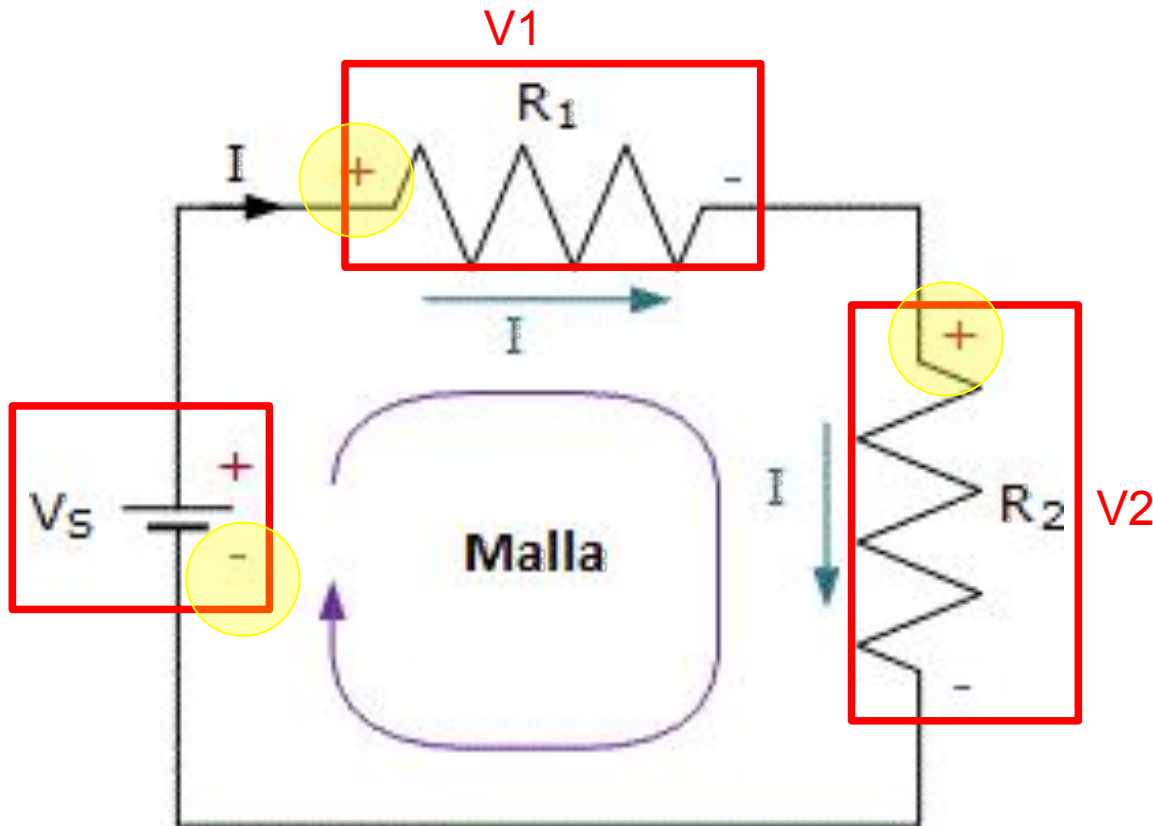
Análisis de un circuito de 1 sola malla

Dibujar el sentido convencional de la corriente

Colocar las polaridades de cada elemento:

- El polo positivo + de una resistencia es por donde entra la corriente.
- El polo positivo de una fuente de tensión es por donde sale la corriente.

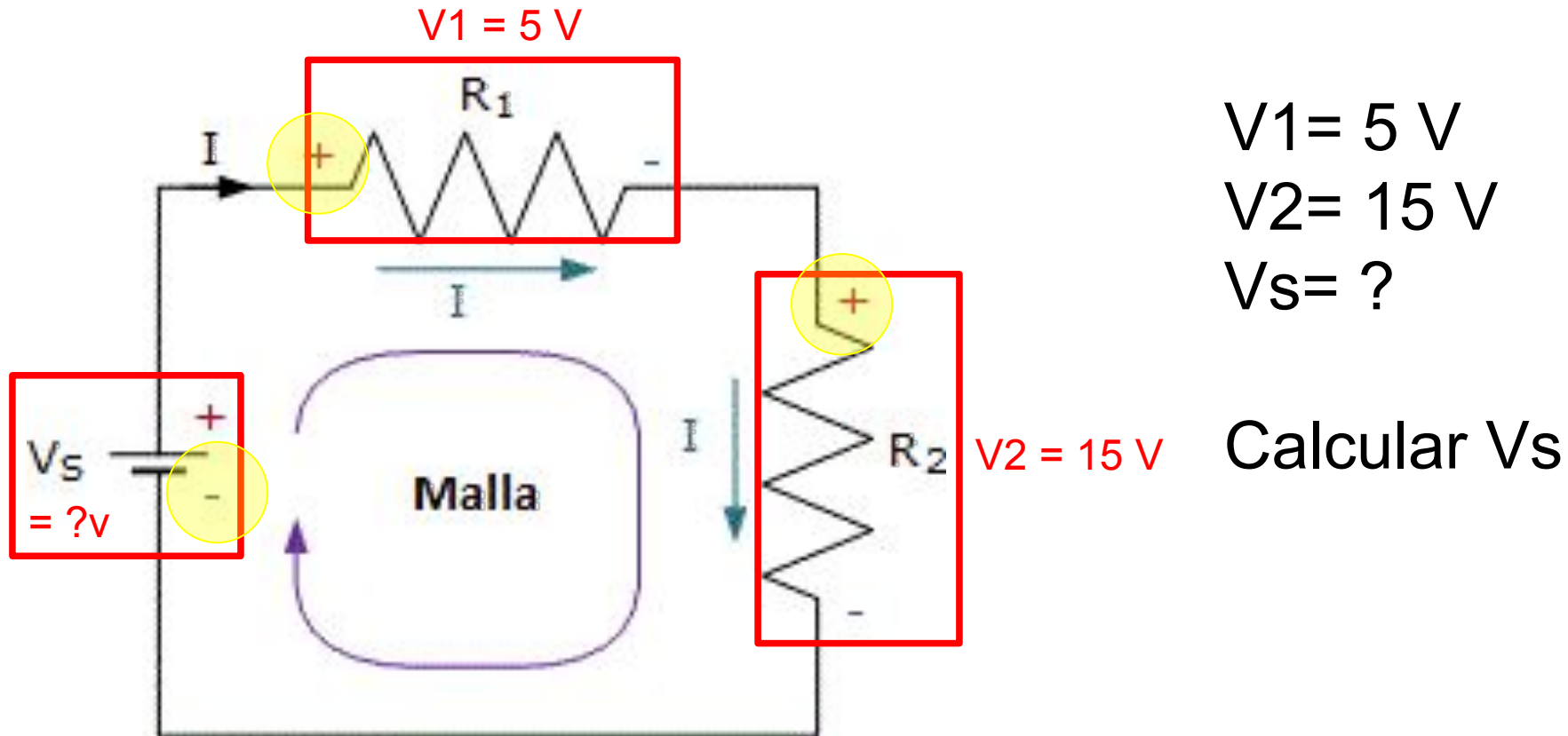
(Recordar que el sentido convencional de la corriente es el opuesto al sentido del flujo de los electrones)



$$V_1 + V_2 - V_s = 0$$

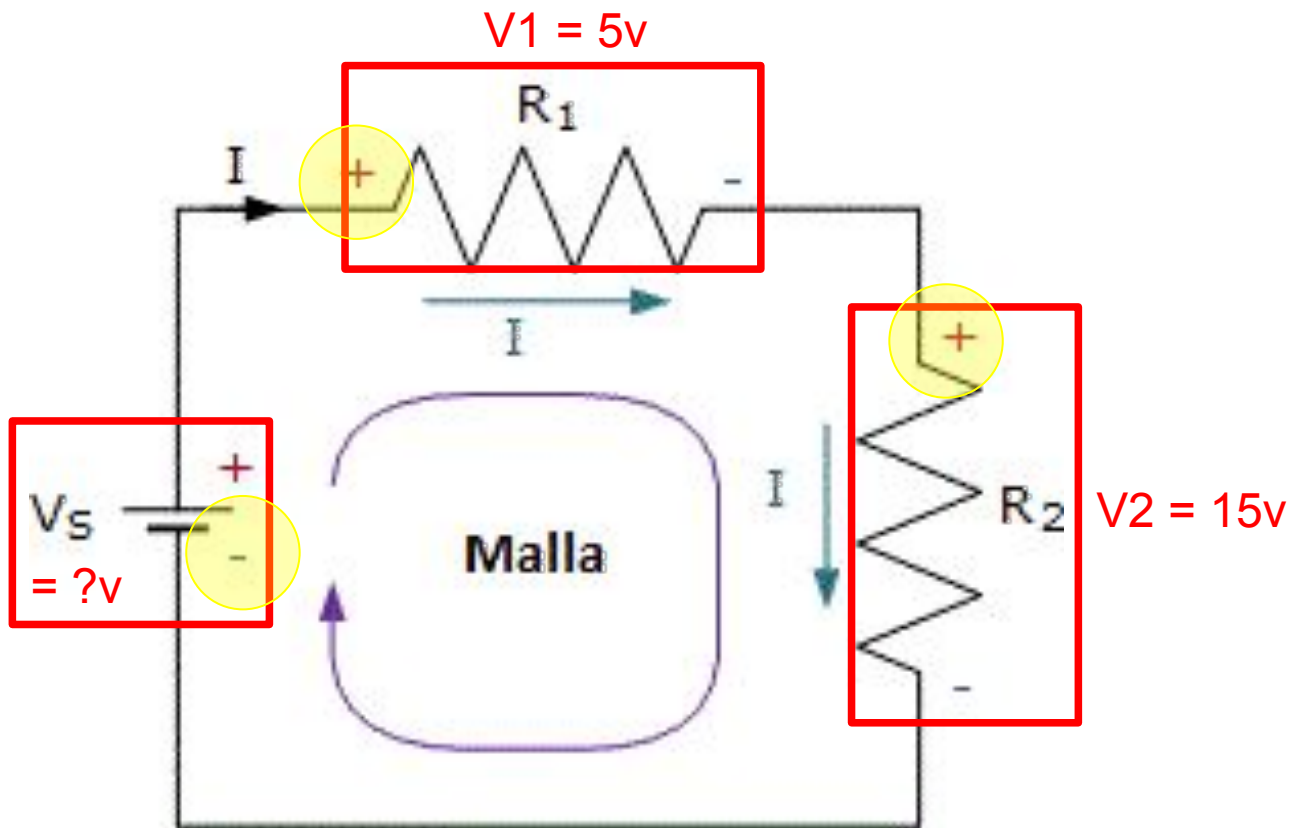
Ejercicio de ley de mallas

Mediante un tester, se miden las tensiones V_1 y V_2 en los bornes de las resistencias R_1 y R_2 . Calcular la tensión del generador V_s .



$$+V_1 + V_2 - V_s = 0$$

Solución



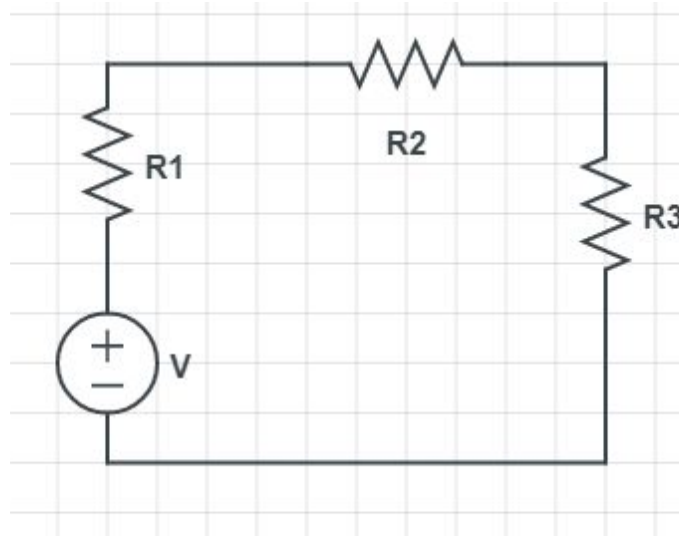
$$\begin{aligned} V_1 &= 5 \text{ V} \\ V_2 &= 15 \text{ V} \\ V_s &= ? \end{aligned}$$

$$V_s = V_1 + V_2$$

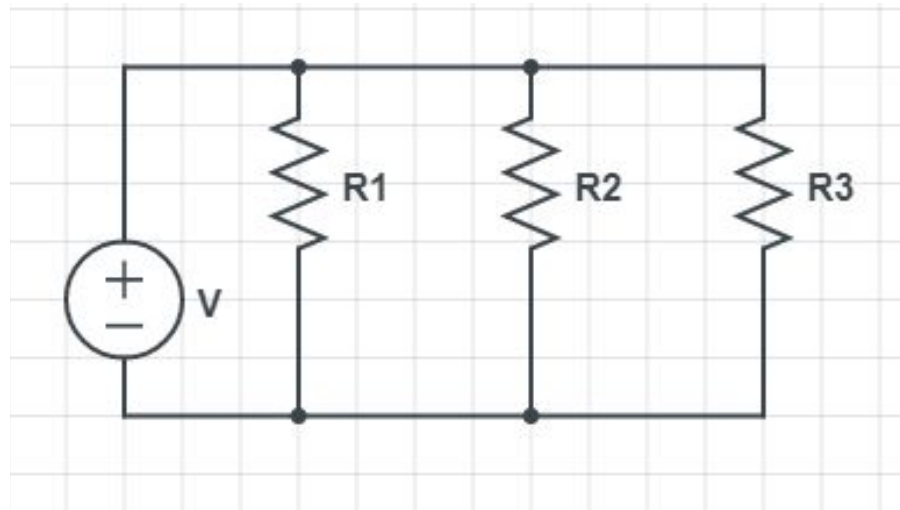
$$\begin{aligned} V_s &= 5 \text{ V} + 15 \text{ V} \\ V_s &= 20 \text{ V} \end{aligned}$$

Configuración de resistencias

En serie

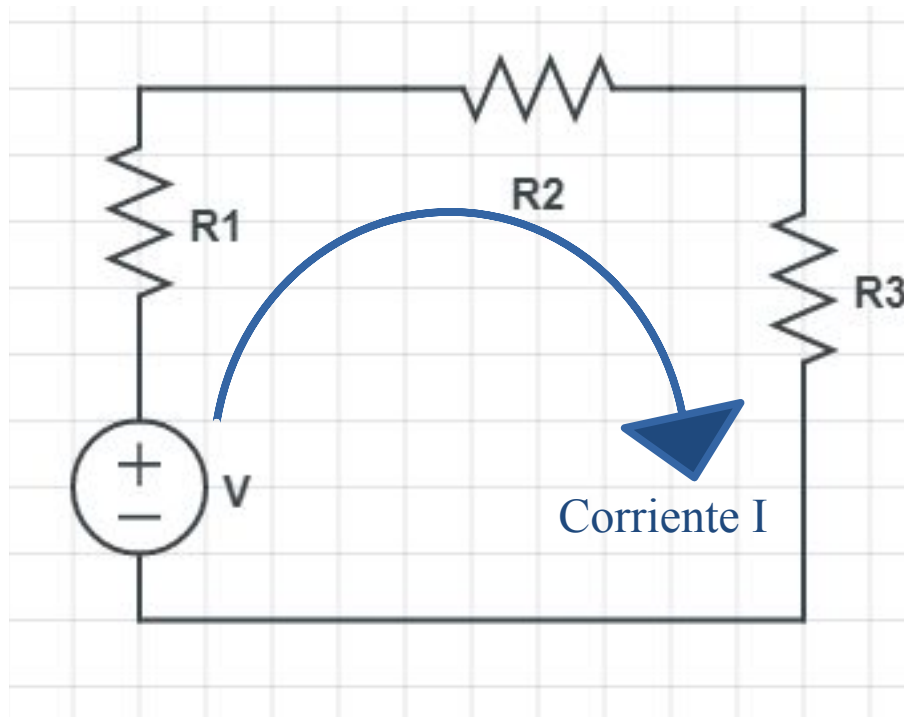


En paralelo



Definición de resistencias en serie

Dos o más elementos están en serie cuando la **corriente** que pasa por cada uno de ellos es la **misma**.



La **corriente** que pasa por R1 es **igual** a la corriente por R2 y a su vez es **igual** a la que pasa por R3.

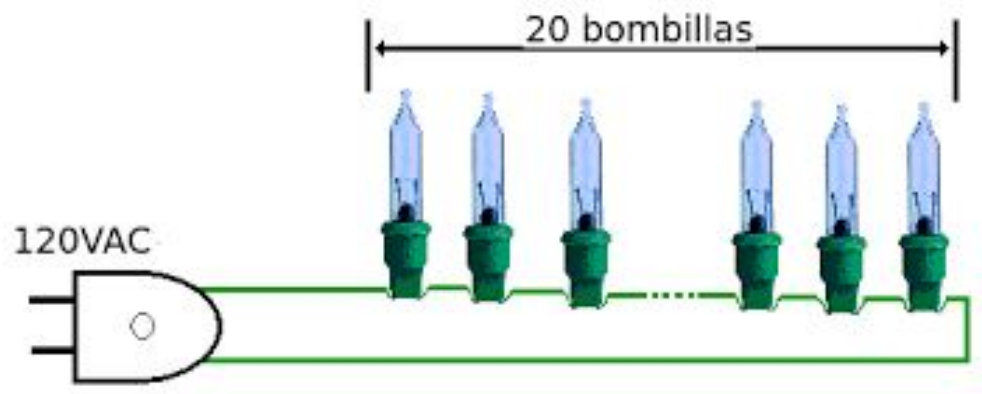
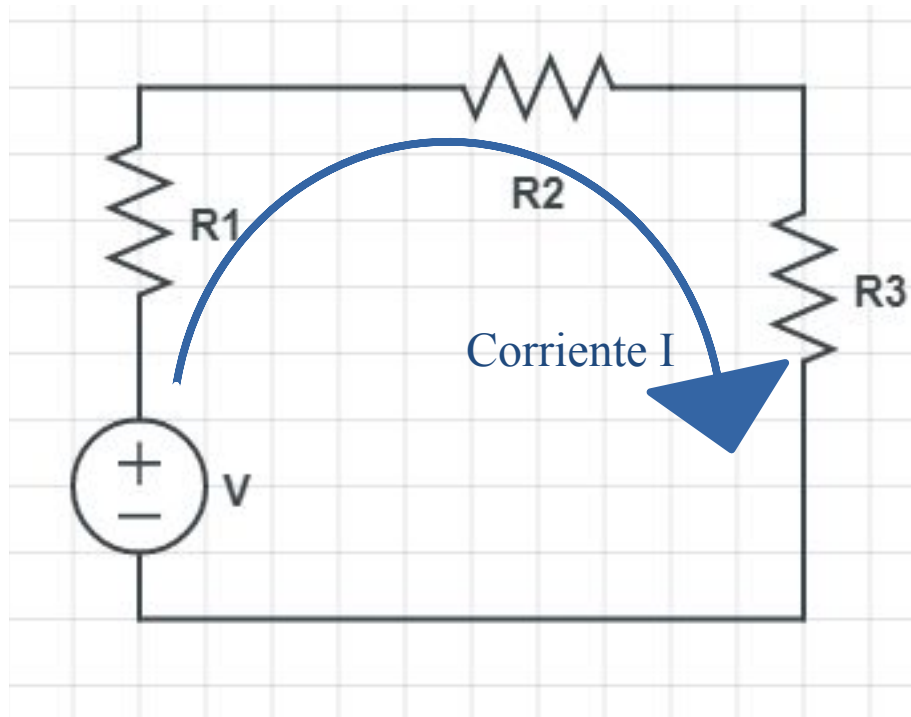
$$I(R1) = I(R2) = I(R3)$$

En serie

¿Cuándo se utilizan las conexiones de circuitos en serie?

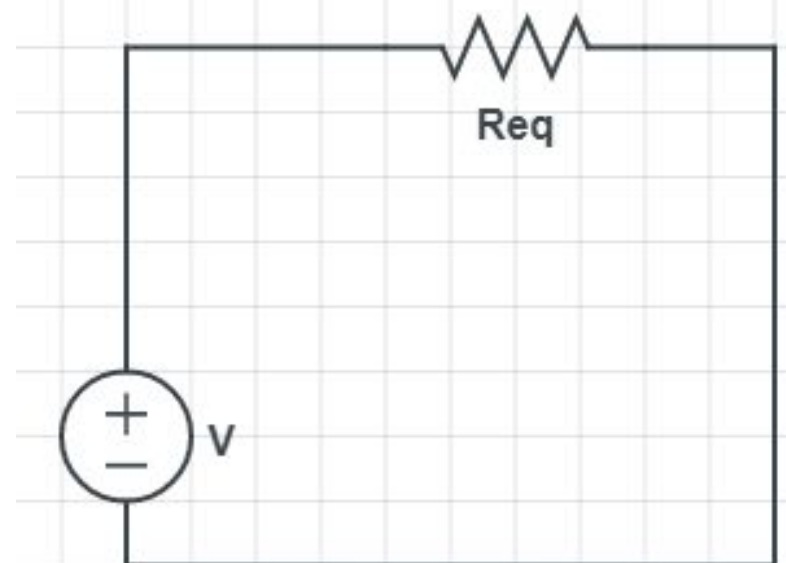
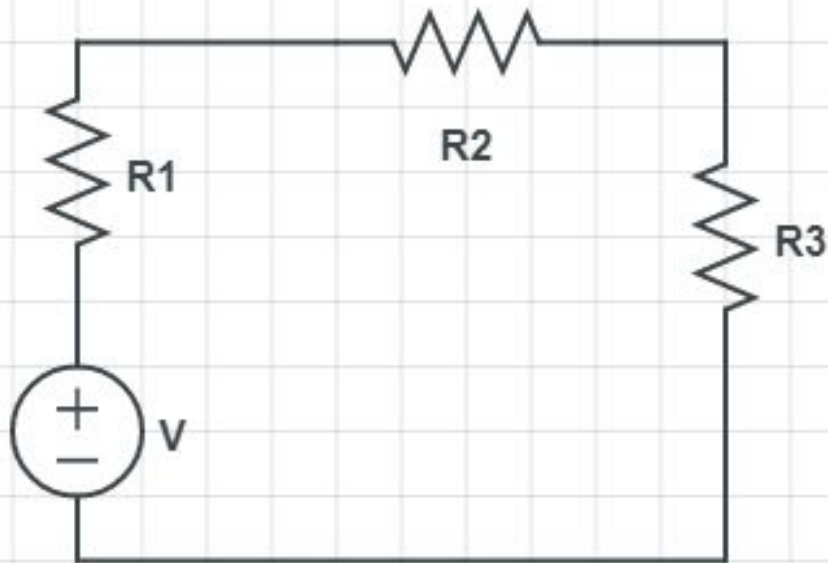
- Cuando es necesario que la corriente tome un solo camino

Por ejemplo: luces de navidad



Resistencia equivalente serie

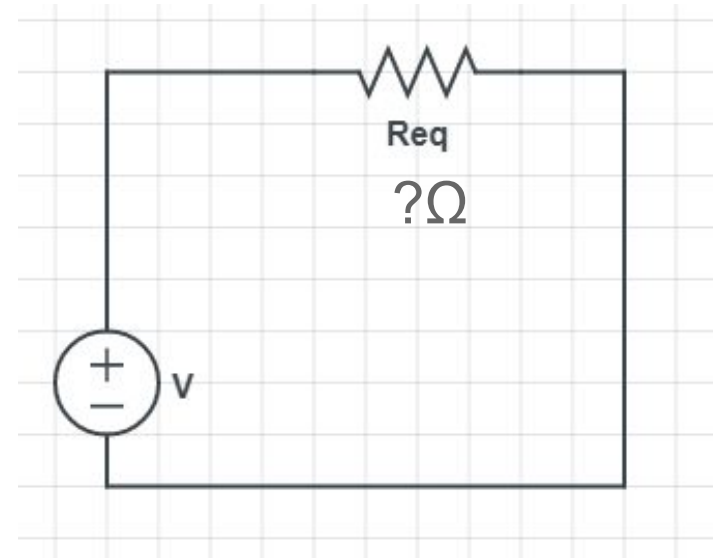
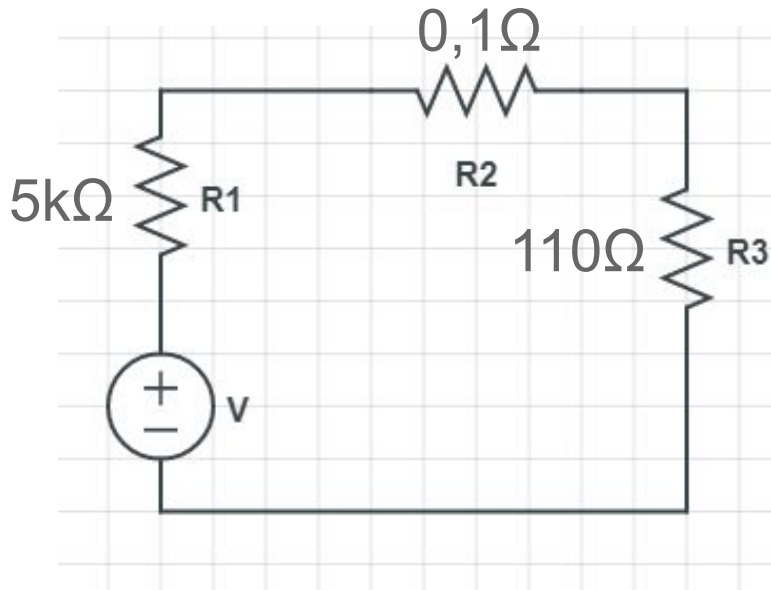
Si tenemos resistencias conectadas en serie, se puede sustituir por una sola resistencia de valor equivalente (R_{eq}) sin alterar el circuito (no cambia la corriente que circula por el circuito)



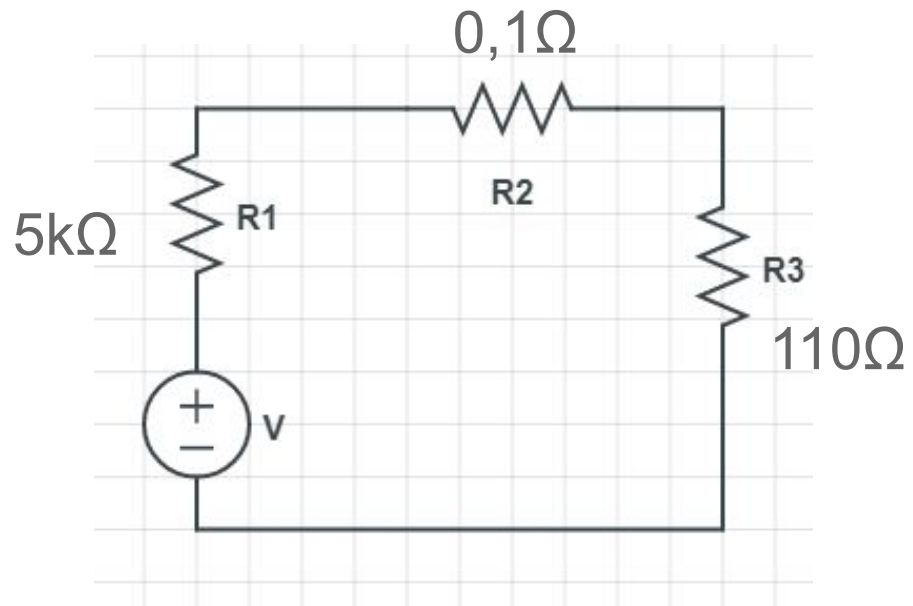
$$R_{eq} = R1 + R2 + R3$$

Ejercicio

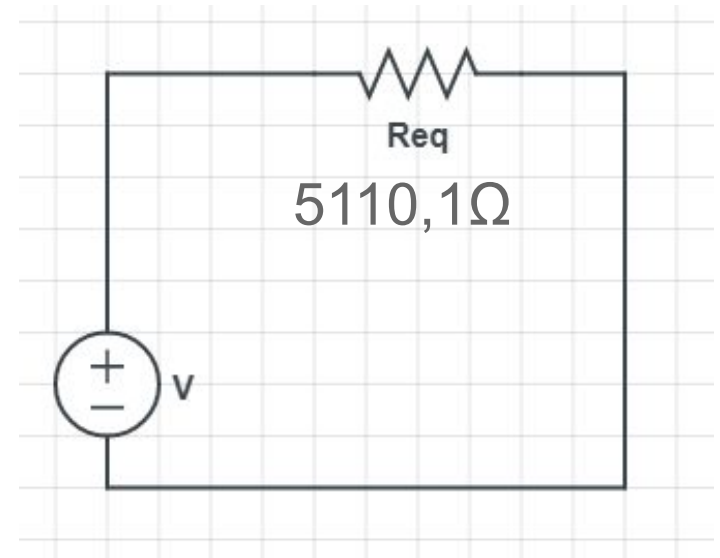
¿Cuál es el valor de R_{eq} ?



Solución

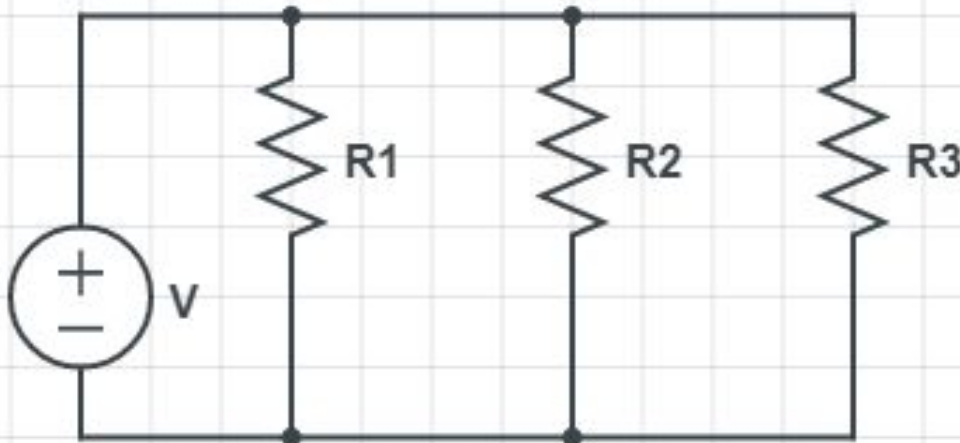


$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$



Definición de resistencias en paralelo

Dos o más elementos están en paralelo si están sometidos a la **misma diferencia de potencial** (mismo voltaje) entre sus bornes.



El **voltaje** entre los bornes de R1 es **igual** al voltaje entre los bornes de R2 e **igual** al voltaje entre los bornes de R3.

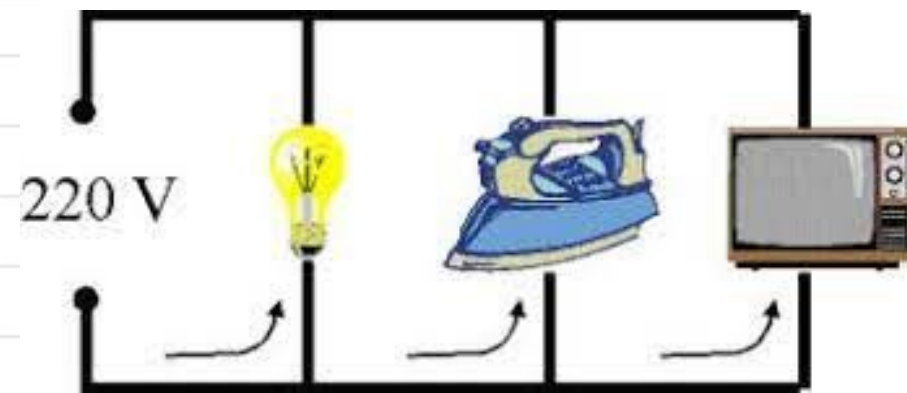
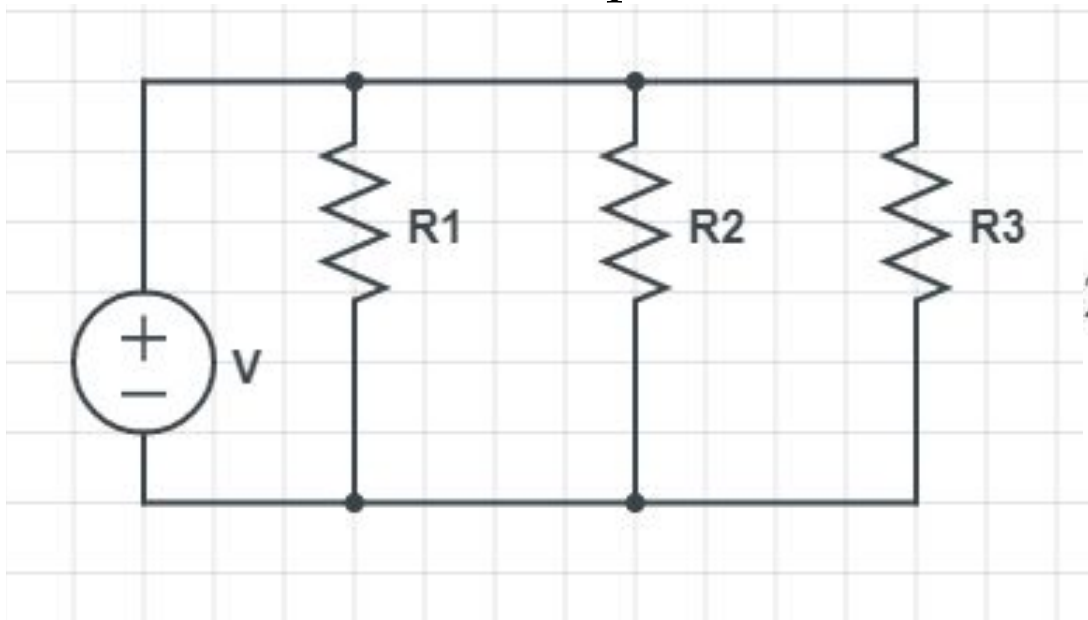
$$V(R1) = V(R2) = V(R3)$$

Nota y recordatorio: la corriente es la misma para resistencias en serie, mientras que la tensión es la misma para resistencias en paralelo

Resistencias en paralelo

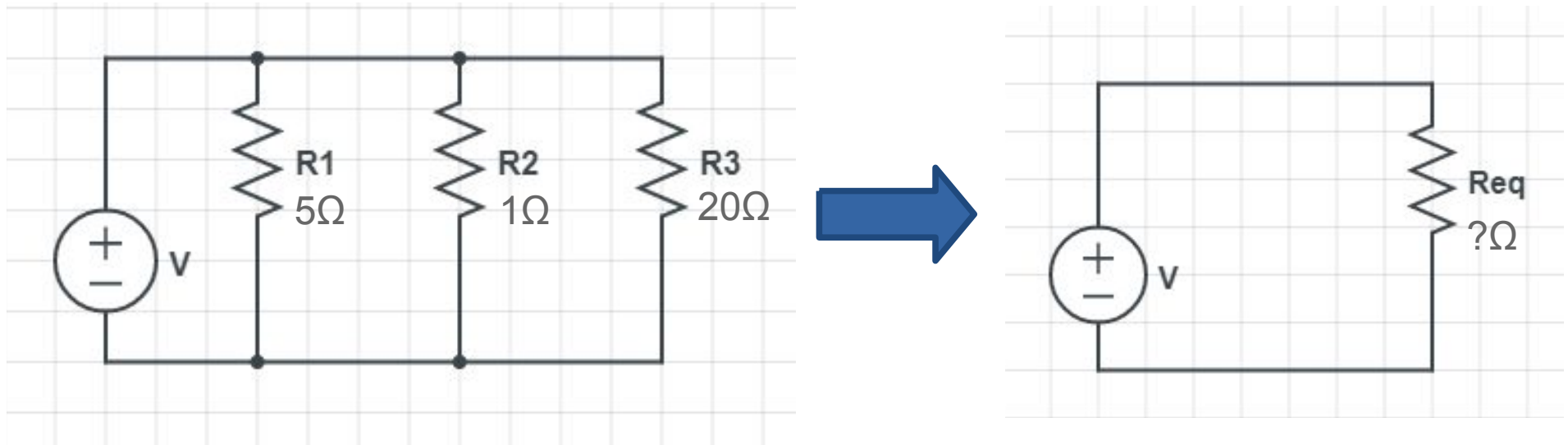
- ¿Cuándo se utilizan las conexiones en paralelo?
- Cuando es necesario que el **voltaje sea el mismo** para todos los elementos conectados al circuito.

Por ejemplo: circuitos domésticos, maquinarias en una industria, equipos biomédicos en un hospital.



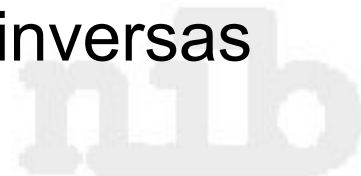
Resistencia equivalente paralelo

Resistencias conectadas en paralelo pueden ser sustituidas por una sola **resistencia equivalente** R_{eq} sin alterar la corriente que debe entregar la fuente de tensión.



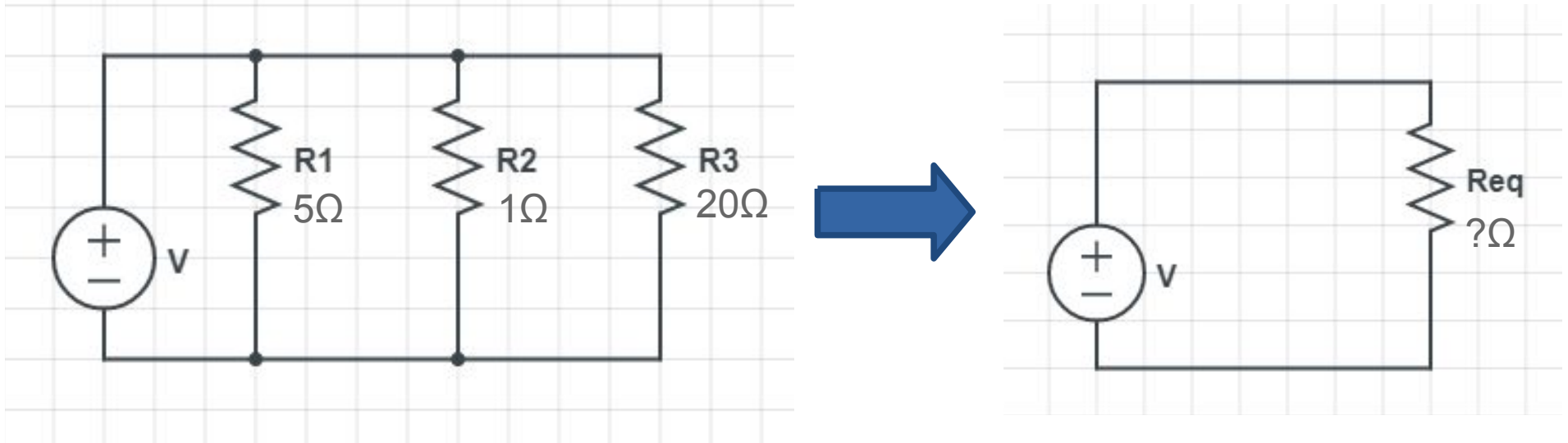
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Nota: no es suma de resistencias, es suma de las inversas de las resistencias.

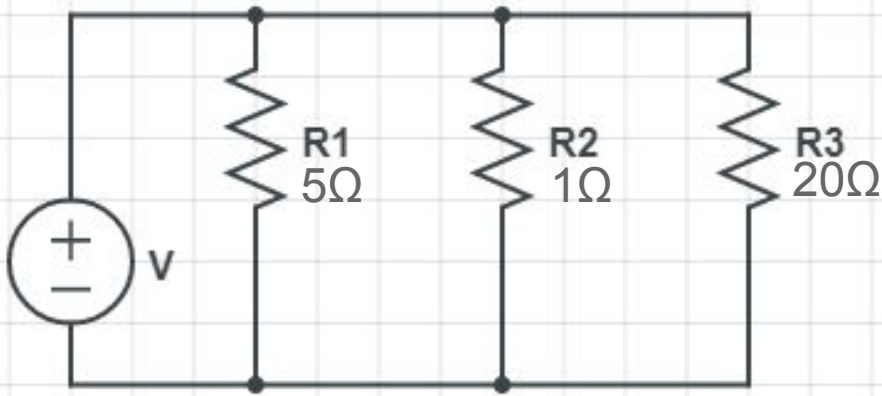


Ejercicio

¿Cuál es el valor de R_{eq} ?



Solución



$$1/R_{eq} = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3$$

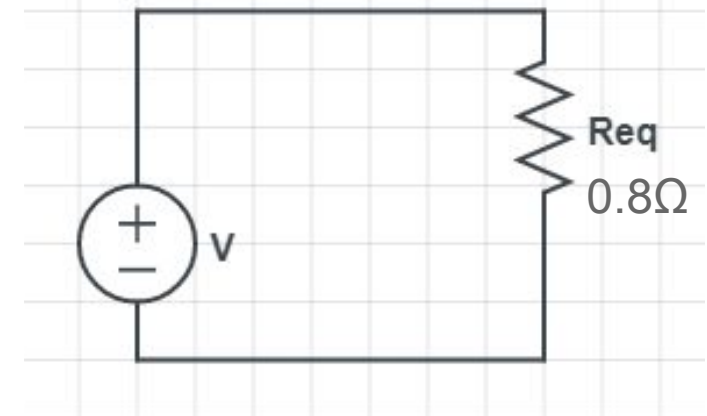
$$1/R_{eq} = 1/5 + 1/1 + 1/20$$

$$1/R_{eq} = 0,2 + 1 + 0,05$$

$$1/R_{eq} = 1,25$$

$$R_{eq} = 1 / 1,25$$

$$R_{eq} = 0,8 \Omega$$



OBSERVACIÓN: la resistencia equivalente de resistencias en paralelo siempre es de menor valor que la resistencia más pequeña

Resumen sobre circuitos

- Los circuitos eléctricos materializan todas las posibilidades de utilización de la electricidad.
- Los elementos a recordar son: tensión (V), corriente (I), resistencia (R), generadores de tensión e interruptores.
- En los equipos biomédicos, el cuerpo humano asume el rol de generador de tensión (ECG, EEG) o el de resistencia (fugas a tierra en caso de equipo en falla).

Efecto Joule



Resistencia calefactora
para baño industrial



Calefactor eléctrico a
resistencia recubierta de
cuarzo

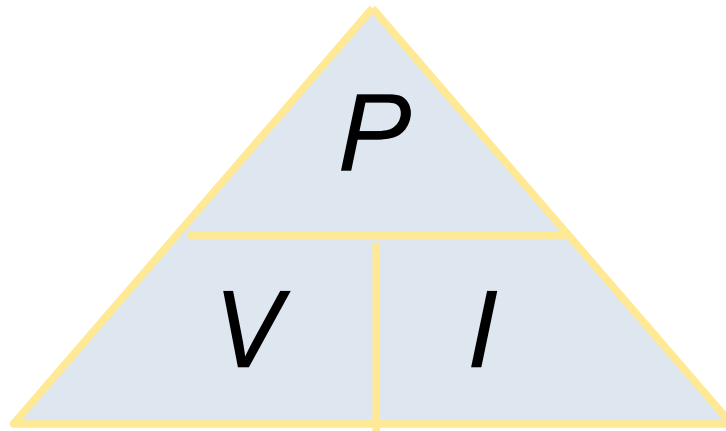
Definición del efecto Joule

Es el calentamiento de las resistencias por pasaje de corriente.

Cuando circula corriente por una resistencia, disipa **energía**.

Se puede calcular la energía por cada instante de tiempo (**potencia**) de acuerdo a la siguiente ley:

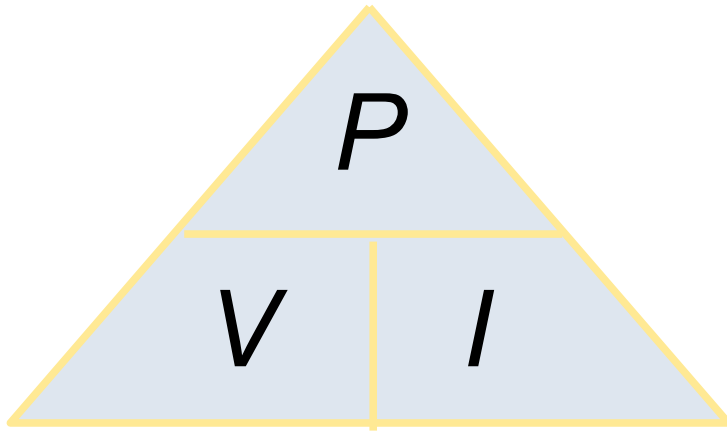
$$P = V \times I$$



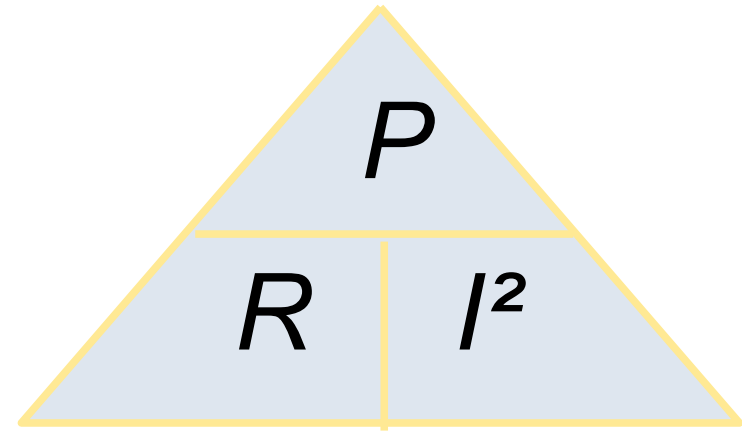
La potencia es la energía disipada en cada unidad de tiempo

Diferentes cálculos del efecto Joule

$$P = V \times I$$



$$P = R \times I^2$$



La potencia crece con el cuadrado de la corriente.

Unidades relacionadas al efecto Joule

$$\mathbf{P} \text{ (W)} = \mathbf{V} \text{ (V)} \times \mathbf{I} \text{ (A)}$$

W: Watt

V : Volt

A : Ampere

$$\mathbf{P(W)} = \mathbf{E(J)} / \mathbf{T(s)}$$

W: Watt

E: Joule

T: segundo

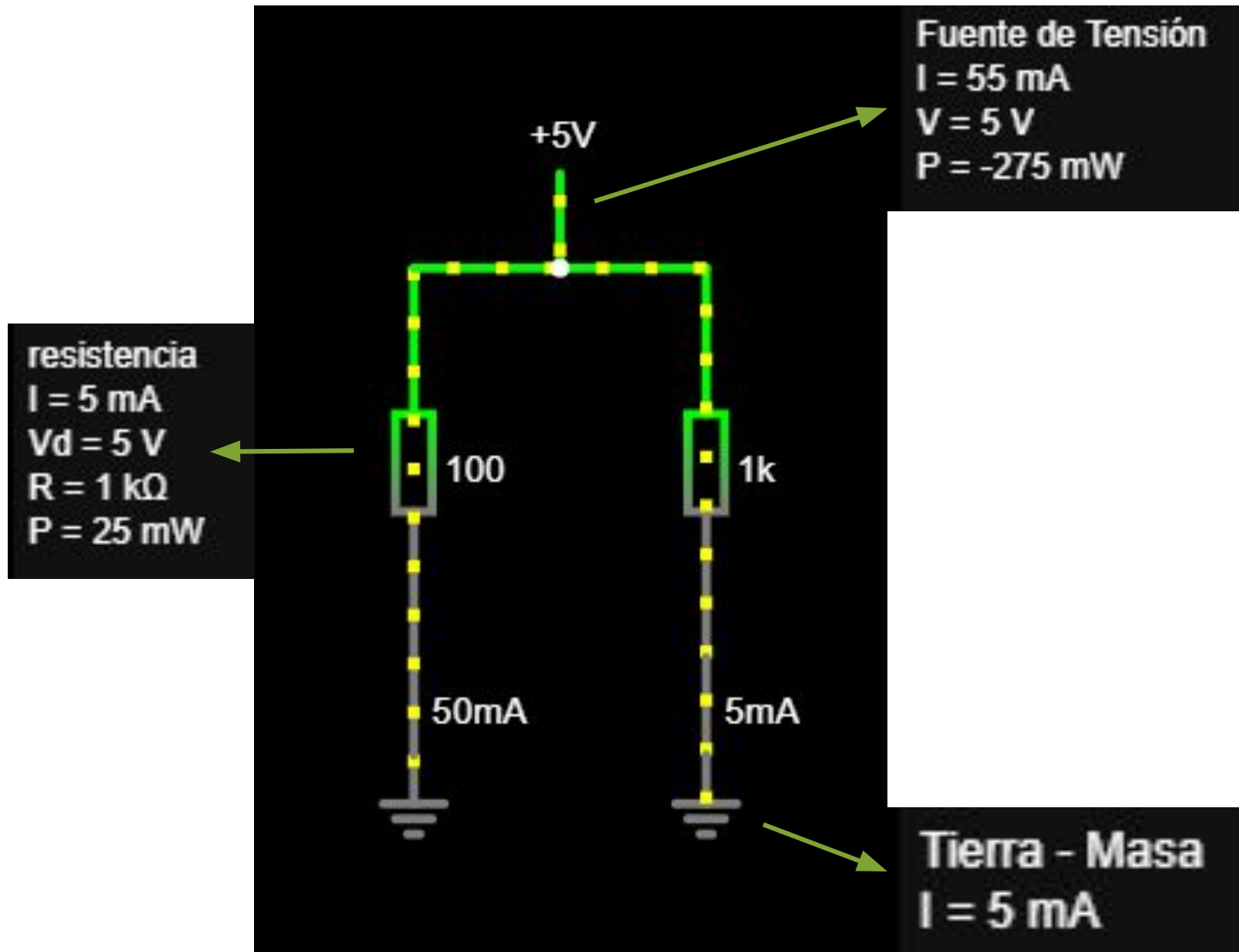
- Gracias al efecto Joule es posible transformar la **corriente eléctrica** en **fuentes de calor**.
- El control del **calor** generado se logra mediante el **control de la resistencia**
- El aumento de **corriente** sin control lleva a aumentos de **energía** calórica tal que interrumpe el circuito (**cortocircuito**)

Simulador Falstad

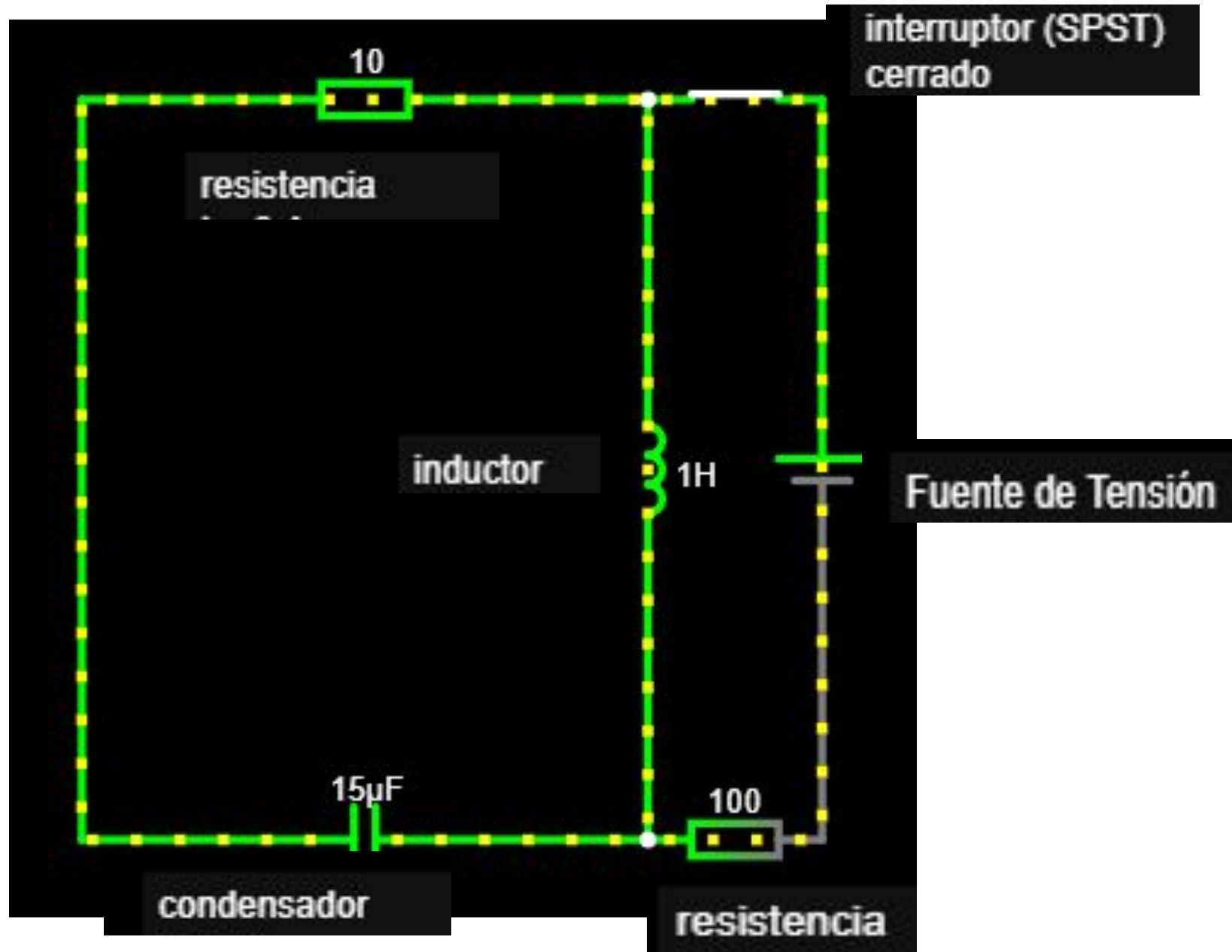
<https://www.falstad.com/circuit/>

A tener en cuenta:
Es un simulador de circuitos eléctricos.
Verde - voltaje positivo
Gris - tierra
Rojo - Voltaje negativo
Puntos amarillos en movimiento - corriente

Ley de Ohm

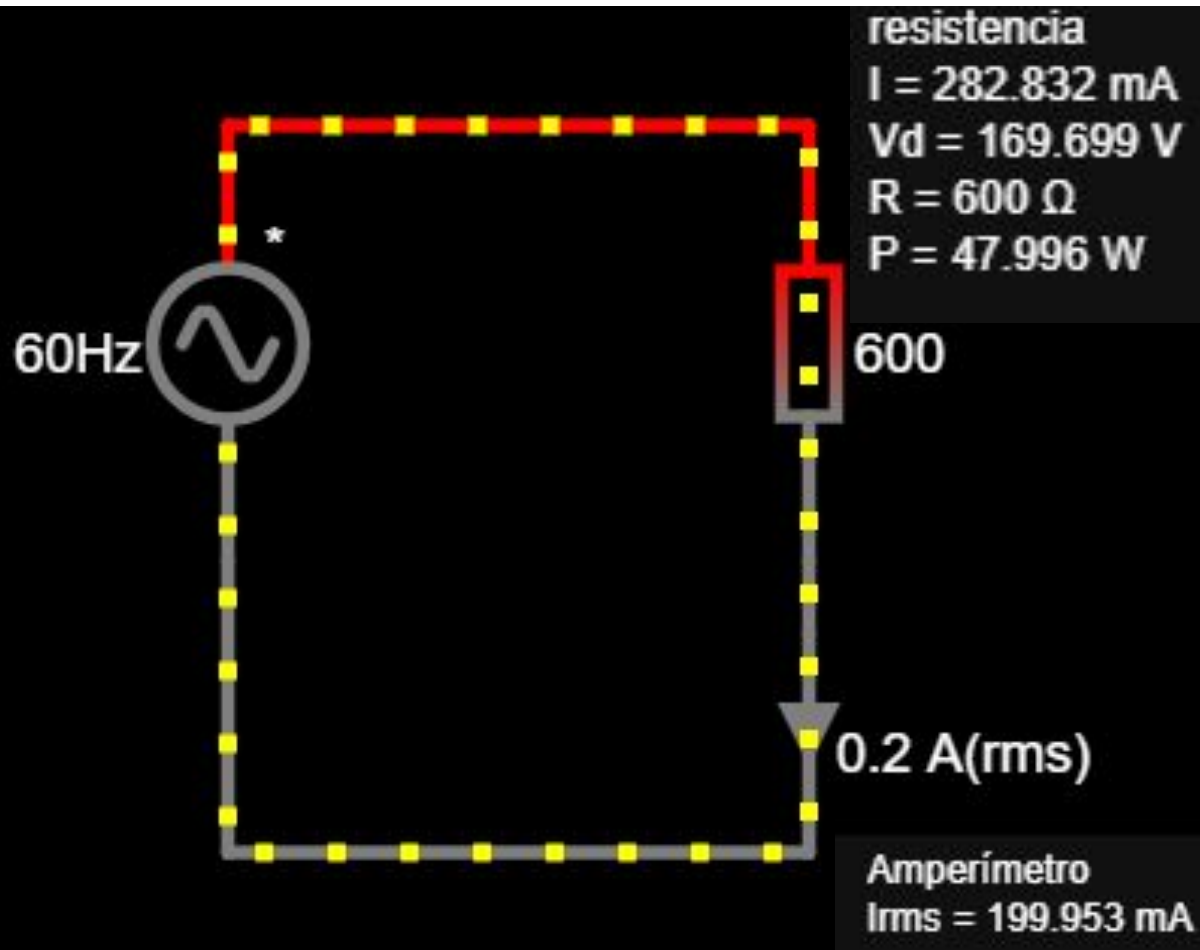


Circuito al abrir Falstad



Circuito básico

Fuente CA
 $I = 282.832 \text{ mA}$
 $V_d = 169.699 \text{ V}$
 $f = 60 \text{ Hz}$
 $V_{\text{max}} = 169.7 \text{ V}$
 $V_{\text{(rms)}} = 119.996 \text{ V}$
 $P = -47.996 \text{ W}$



¿Preguntas?

Muchas gracias

www.nib.fmed.edu.uy

