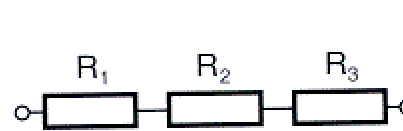


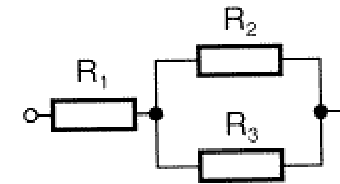
**ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS** Los principales tipos de conexión son: serie, paralelo, serie-paralelo (o mixta), triángulo, estrella.

**CONEXIÓN** La forma externa de conectar los bornes de los aparatos eléctricos se llama **conexión**.

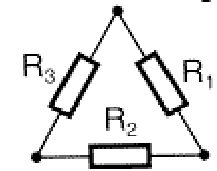
**RESISTENCIA EQUIVALENTE** Es aquella que puesta en lugar del circuito resistivo, produce los mismos efectos, es decir, absorbe la misma intensidad.



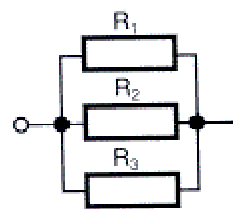
*Conexión serie*



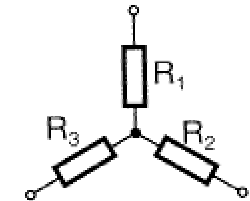
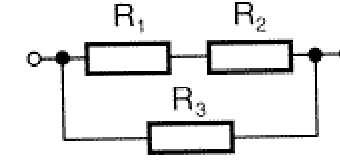
*Conexión mixta (serie-paralelo)*



*Conexión triángulo*

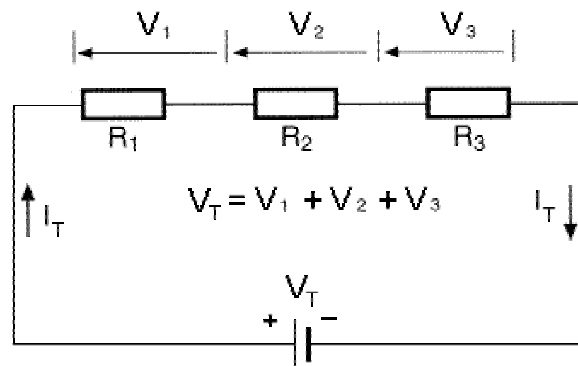


*Conexión paralelo*

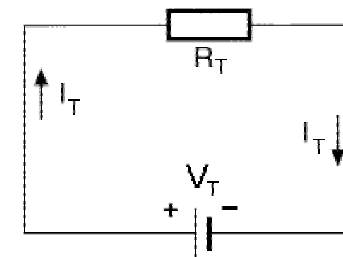


*Conexión estrella*

**CONEXIÓN DE RESISTENCIAS EN SERIE** Un conjunto de resistencias está en serie cuando la salida de una está conectada a la entrada de la siguiente y así sucesivamente.



⇒  
*Circuito equivalente*



**En la conexión serie se verifican las siguientes propiedades:**

*La intensidad que circula por todas las resistencias es la misma.*

$$\boxed{I_T = I_1 = I_2 = I_3}$$

*La suma de las caídas de tensión (o tensiones) parciales es igual a la caída de tensión (o tensión) total aplicada.*

$$\boxed{V_T = V_1 + V_2 + V_3}$$

**La resistencia equivalente (o total) es igual a la suma de las resistencias parciales de la conexión.**

$$\boxed{R_T = R_1 + R_2 + R_3}$$

*La potencia total es igual a la suma de las potencias parciales.*

$$\boxed{P_T = P_1 + P_2 + P_3}$$

**Demostración:** (ver Figuras página anterior) Las caídas de tensión (o tensiones) parciales vienen dadas por:

$$V_T = R_T \cdot I_T; \quad V_1 = R_1 \cdot I_T; \quad V_2 = R_2 \cdot I_T; \quad V_3 = R_3 \cdot I_T \quad \text{sustituyendo estos valores en la expresión:} \quad \boxed{V_T = V_1 + V_2 + V_3}$$

$$\text{obtendremos:} \quad R_T \cdot I_T = R_1 \cdot I_T + R_2 \cdot I_T + R_3 \cdot I_T \quad \text{y si dividimos por } I_T \text{ el resultado será:} \quad \boxed{R_T = R_1 + R_2 + R_3}$$

**Potencia total aplicada:** Para calcularla, debemos obtener en primer lugar la potencia disipada en cada una de las resistencias:

$$P_1 = V_1 \cdot I_T; \quad P_2 = V_2 \cdot I_T; \quad P_3 = V_3 \cdot I_T \quad \text{y en el circuito equivalente} \quad P_T = V_T \cdot I_T$$

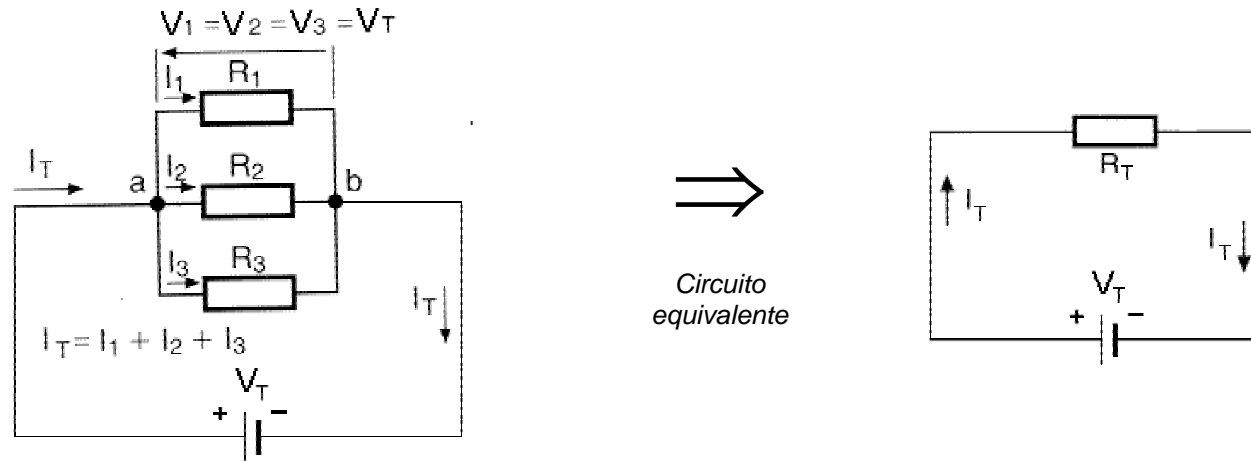
$$\text{Como } V_T \text{ es la suma de las caídas de tensión (o tensiones) parciales} \quad \boxed{V_T = V_1 + V_2 + V_3}$$

$$\text{luego:} \quad P_T = (V_1 + V_2 + V_3) \cdot I_T = V_1 \cdot I_T + V_2 \cdot I_T + V_3 \cdot I_T \quad \text{por lo tanto:}$$

$$\boxed{P_T = P_1 + P_2 + P_3}$$

## CONEXIÓN DE RESISTENCIAS EN PARALELO

Un conjunto de resistencias está en paralelo o derivación cuando todas las entradas se conectan a un punto común y las salidas se unen de la misma forma.



En la conexión paralelo se verifican las siguientes propiedades:

*Las caídas de tensión (o tensiones) parciales de todas las resistencias son las mismas, ya que se encuentran directamente conectadas con la tensión de alimentación.*

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

*La suma de las intensidades parciales es igual a la intensidad total.*

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

*El valor inverso de la resistencia equivalente (o total) es igual a la suma de los valores inversos de las resistencias parciales de la conexión.*

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

La potencia total es igual a la suma de las potencias parciales.

$$\boxed{P_T = P_1 + P_2 + P_3}$$

**Demostración:** (ver Figuras página anterior) Las intensidades parciales, así como la del circuito equivalente vienen dadas por:

$$I_T = \frac{V_T}{R_T}; \quad I_1 = \frac{V_T}{R_1}; \quad I_2 = \frac{V_T}{R_2}; \quad I_3 = \frac{V_T}{R_3} \quad \text{sustituyendo estos valores en la expresión:} \quad \boxed{I_T = I_1 + I_2 + I_3}$$

obtendremos:  $\frac{V_T}{R_T} = \frac{V_T}{R_1} + \frac{V_T}{R_2} + \frac{V_T}{R_3}$  si sacamos factor común y dividimos por  $V_T$  el resultado será:

$$\boxed{\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

**Potencia total aplicada:** Para calcularla, debemos obtener en primer lugar la potencia disipada en cada una de las resistencias:

$$P_1 = V_T \cdot I_1; \quad P_2 = V_T \cdot I_2; \quad P_3 = V_T \cdot I_3 \quad \text{y en el circuito equivalente} \quad P_T = V_T \cdot I_T$$

Como  $I_T$  es la suma de intensidades parciales  $\boxed{I_T = I_1 + I_2 + I_3}$

luego:  $P_T = V_T (I_1 + I_2 + I_3) = V_T \cdot I_1 + V_T \cdot I_2 + V_T \cdot I_3$  por lo tanto:

$$\boxed{P_T = P_1 + P_2 + P_3}$$

## Casos particulares

⇒ Si en un circuito de varias resistencias (**n**) todas tienen un mismo valor (**R**), tenemos:

$$R_T = \frac{R}{n}$$

si **n = 2**, tendremos que

$$R_T = \frac{R}{2}$$

en este caso la resistencia equivalente es la mitad de una de las resistencias del circuito.

⇒ Otro caso peculiar se da cuando solamente hay dos resistencias en paralelo. En este caso:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

## Otras características de la conexión serie y de la conexión paralelo:

### *Conexión serie:*

⇒ Las caídas de tensión (o tensiones) y las potencias parciales, están en la misma relación que las resistencias parciales, es decir, que a mayor valor de resistencia le corresponde mayor valor de tensión y potencia y viceversa.

### *Conexión paralelo:*

⇒ Las intensidades parciales, están en relación inversa a las correspondientes resistencias parciales, es decir, que a mayor valor de resistencia le corresponde menor valor de intensidad y viceversa.

⇒ La resistencia total del circuito equivalente es siempre menor que el valor de la resistencia más pequeña.

## CONEXIÓN SERIE-PARALELO O CONEXIÓN MIXTA

La conexión mixta (serie-paralelo) es una combinación de agrupaciones en serie y en paralelo. Para resolver este tipo de circuitos, hay que solucionar independientemente los montajes en serie y en paralelo que lo componen. Con ello se llega a un circuito único, que se resuelve por el método correspondiente según el tipo de asociación resultante.

## REPARTO DE CORRIENTES

El reparto de corrientes que se produce en las ramas de una conexión paralelo, es inversamente proporcional a las resistencias de las ramas.

En el caso particular de dos resistencias paralelo, y conocida la  $I_T$ , no es necesario calcular la tensión  $V_{ab}$  ni la resistencia equivalente  $R_T$ . Veamos como:

ya sabemos que

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

también se cumple que

$$V_{ab} = R_T \cdot I_T ; \quad V_{ab} = R_1 \cdot I_1 ; \quad V_{ab} = R_2 \cdot I_2$$

sustituyendo el valor de  $V_{ab}$  de la primera ecuación en las dos siguientes, nos queda:

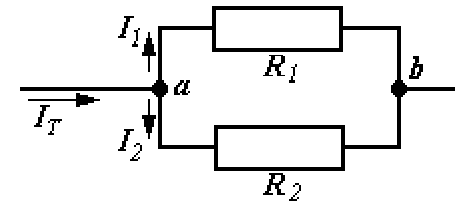
$$R_T \cdot I_T = R_1 \cdot I_1 ; \quad R_T \cdot I_T = R_2 \cdot I_2$$

y despejando en esta dos ecuaciones las intensidades tenemos:

$$I_1 = \frac{R_T \cdot I_T}{R_1} = \frac{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_T}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_T$$

$$I_2 = \frac{R_T \cdot I_T}{R_2} = \frac{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_T}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I_T$$

Expresiones que nos confirman que la ramificación de intensidades es razón inversa a las resistencias de cada rama.



## DIVISOR DE TENSIÓN O POTENCIÓMETRO

Se fundamenta en la posibilidad de obtener una tensión más reducida a partir de otra, mediante la conexión de resistencias en serie.

En el circuito de la figura, la tensión de salida  $V_s$  es menor siempre que la tensión de entrada  $V_e$  y la relación entre las dos es:

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{I \cdot R_2}{I \cdot (R_1 + R_2)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

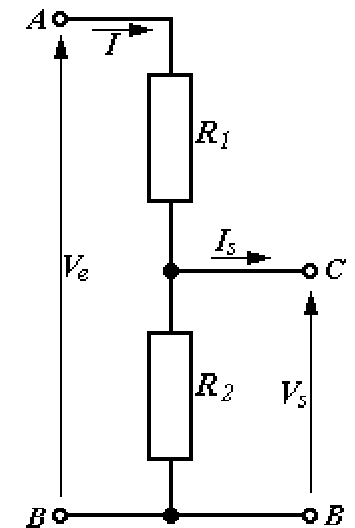
Esta relación se cumple siempre que la intensidad de salida  $I_s$  sea mucho menor que la intensidad de entrada  $I$ , es decir  $I_s \ll I$ .

Si se sustituyen las dos resistencias  $R_1$  y  $R_2$  por una resistencia de cursor, se conecta la tensión de entrada  $V_e$  a los extremos de dicha resistencia y se toma la tensión de salida  $V_s$  entre uno de los extremos y el cursor, se obtiene el circuito llamado montaje potenciométrico o simplemente **potenciómetro**.

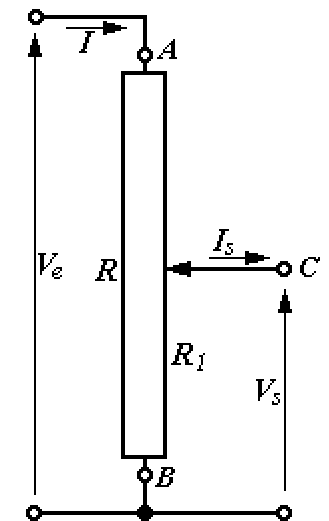
Este circuito permite obtener una tensión variable de salida  $V_s$  a partir de una tensión de entrada  $V_e$  en función de la posición del cursor.

Si la resistencia entre  $A$  y  $B$  es  $R$  y la resistencia entre  $C$  y  $D$  es  $R_1$ , la relación entre ambas tensiones es:

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{I \cdot R_1}{I \cdot R} = \frac{R_1}{R}$$



*Divisor de tensión*

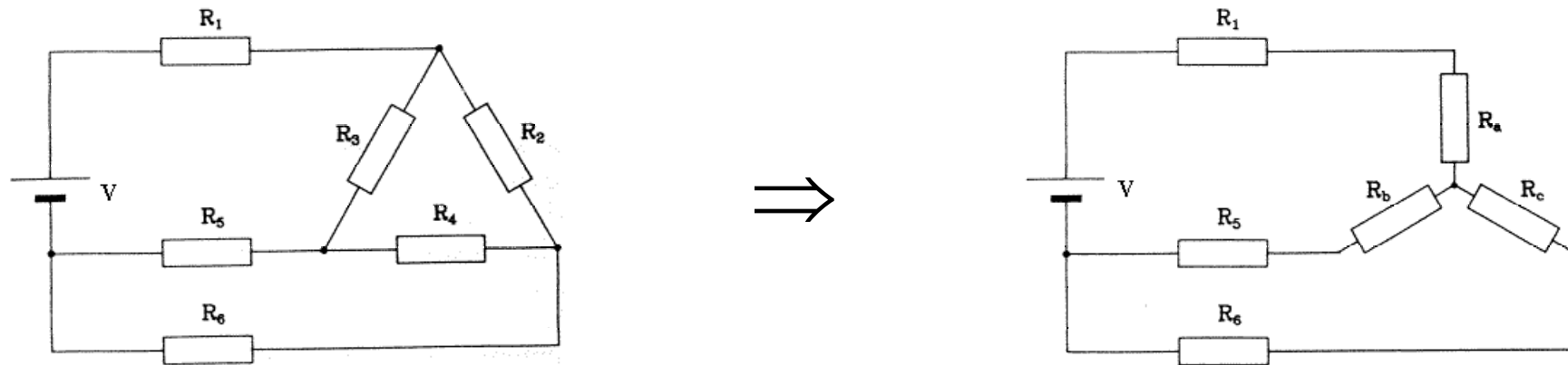


*Potenciómetro*

## CONEXIONES TRIÁNGULO (D) Y ESTRELLA (Y)

Cuando se tiene circuitos como los de la figura inferior, no se puede simplificar con los sistemas ya estudiados y hay que recurrir a las conexiones triángulo-estrella equivalentes.

En el circuito de la izquierda no se pueden simplificar las resistencias  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$ , pues no están ni en serie ni en paralelo.



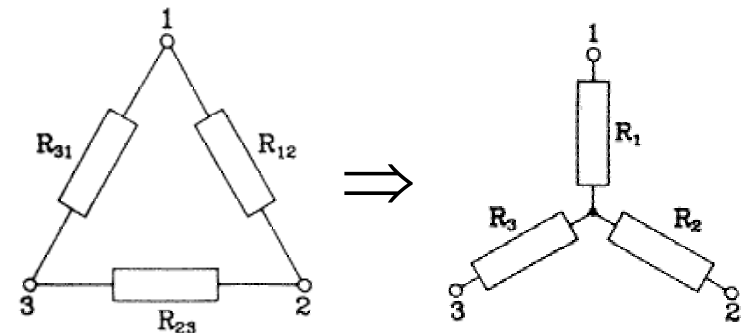
Sin embargo, si podemos sustituir la red de resistencias en triángulo por una red equivalente de tres resistencias en estrella, como podemos ver en la figura de la derecha, quedando ahora un circuito de resistencias serie-paralelo que si es posible resolver.

### Conversión de una conexión triángulo en su estrella equivalente.

Las expresiones que indican los valores que deben adoptar las resistencias de una conexión estrella equivalente para que presente entre sus bornes una resistencia igual a la de una conexión en triángulo compuesta por  $R_{12}$ ,  $R_{23}$  y  $R_{31}$  vienen dadas por:

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}; \quad R_2 = \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \text{ y}$$

$$R_3 = \frac{R_{31} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$





*Caso particular:*

En el supuesto de que todas las resistencias de la conexión triángulo fueran iguales, es decir, que  $R_{12} = R_{23} = R_{31} = R_D$ , los valores de las resistencias de la conexión estrella equivalente, serían también iguales y su valor vendría dado por:

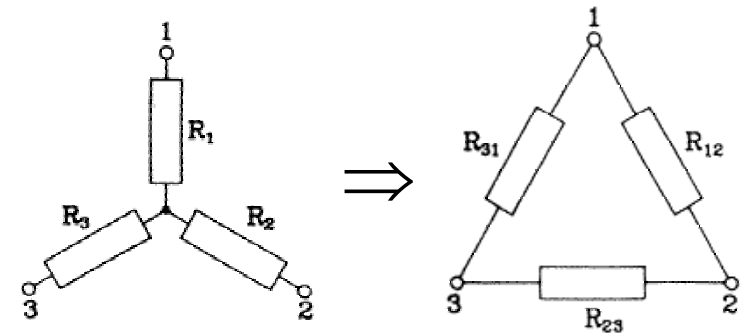
$$R_Y = \frac{R_D}{3}$$

### Conversión de una conexión estrella en su triángulo equivalente.

Las expresiones que indican los valores que deben adoptar las resistencias de una conexión triángulo equivalente para que presente entre sus bornes una resistencia igual a la de una conexión en estrella compuesta de  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  vienen dadas por:

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_3}; \quad R_{23} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_1} \text{ y}$$

$$R_{31} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_2}$$



*Caso particular:*

En el supuesto de que todas las resistencias de la conexión estrella fueran iguales, es decir, que  $R_1 = R_2 = R_3 = R_Y$ , los valores de las resistencias de la conexión triángulo equivalente, serían también iguales y su valor vendría dado por:

$$R_D = 3R_Y$$

## EJERCICIOS DE APLICACIÓN:

### Ejercicio 1º

En un circuito compuesto por tres resistencias en serie, de valores  $R_1 = 6 \Omega$ ,  $R_2 = 5 \Omega$  y  $R_3 = 8 \Omega$ , existe una tensión parcial de 3 V en la resistencia  $R_1$ . Calcular:

- La resistencia total equivalente.
- La intensidad que circula por el circuito.
- La tensión de alimentación del circuito
- La potencia total absorbida.

### Ejercicio 2º

En un circuito paralelo compuesto por tres resistencias cuyos valores son:  $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 30 \Omega$  y  $R_3 = 24 \Omega$ , con tensión de alimentación a 24 V. Calcular:

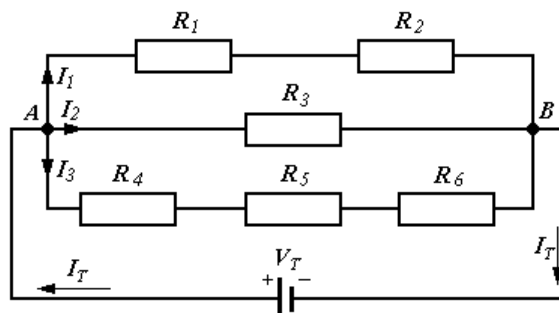
- La resistencia total equivalente.
- Las intensidades parciales.
- La intensidad total
- La potencia total absorbida.

### Ejercicio 3º

Calcula entre los puntos A y B del circuito de la figura:

- La resistencia total equivalente.
- Las intensidades parciales.

$$\begin{aligned} R_1 &= 5 \Omega \\ R_2 &= 5 \Omega \\ R_3 &= 20 \Omega \\ R_4 &= 3 \Omega \\ R_5 &= 2 \Omega \\ R_6 &= 10 \Omega \\ V_T &= 24 \text{ V} \end{aligned}$$



### Ejercicio 4º

Calcula en el circuito de la figura:

- La resistencia total equivalente.
- La caída de tensión en cada una de las resistencias.
- Las intensidades parciales y total del circuito.
- La potencia consumida por cada una de las resistencias y la total por el circuito.

$$\begin{aligned} R_1 &= 2 \Omega \\ R_2 &= 4 \Omega \\ R_3 &= 2 \Omega \\ R_4 &= 6 \Omega \\ V_T &= 10 \text{ V} \end{aligned}$$

