



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CIRCUITOS ELECTRICOS I

TEMA 5

MSc. Ing. Juan José Edgar
MONTERO GUEVARA

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

OBJETIVOS DE LA UNIDAD

Introducción

Transformación de Fuentes

Equivalente de THEVENIN

Equivalente de NORTON

Max.Trans.Potencia

Superposición

Problemas

- ☐ Establecer las transformaciones de Fuentes
- ☐ Establecer el Circuito Equivalente de Thevenin
- ☐ Establecer el Circuito Equivalente de Norton
- ☐ Establecer el Teorema de Máxima Transferencia de Potencia
- ☐ Establecer el Teorema de Superposición
- ☐ Aplicar a la solución de circuitos eléctricos.

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Introducción

SIMPLIFICAR CIRCUITOS

- ✓ **Equivalentes Serie y Paralelo**
- ✓ **Transformación Estrella-Delta**
- ✓ **Divisor de Tensión y Corriente**
- ✓ **Método de Mallas**
- ✓ **Método de Nodos**
- **Transformación de fuentes**
- **Circuito Equivalente de Thevenin**
- **Circuito Equivalente de Norton**
- **Máxima Transferencia de Potencia**
- **Teorema de Superposición**

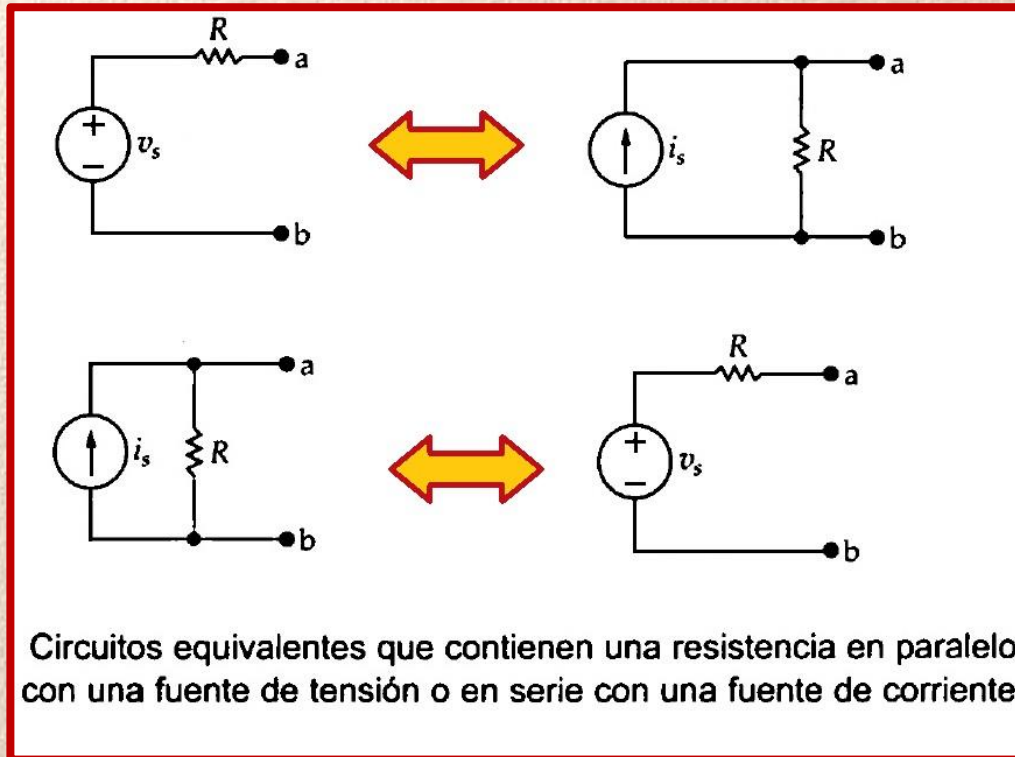


TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Transformación de Fuentes

TRANSFORMACIÓN DE FUENTES

Una transformación de Fuentes, permite sustituir una fuente de tensión en serie con una resistencia por una Fuente de Corriente en paralelo con la misma resistencia, o viceversa



$$i_s = \frac{v_s}{R}$$

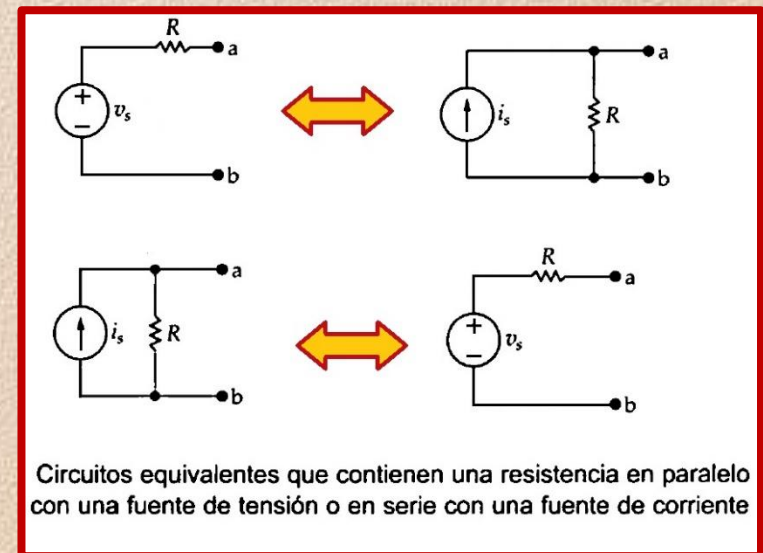
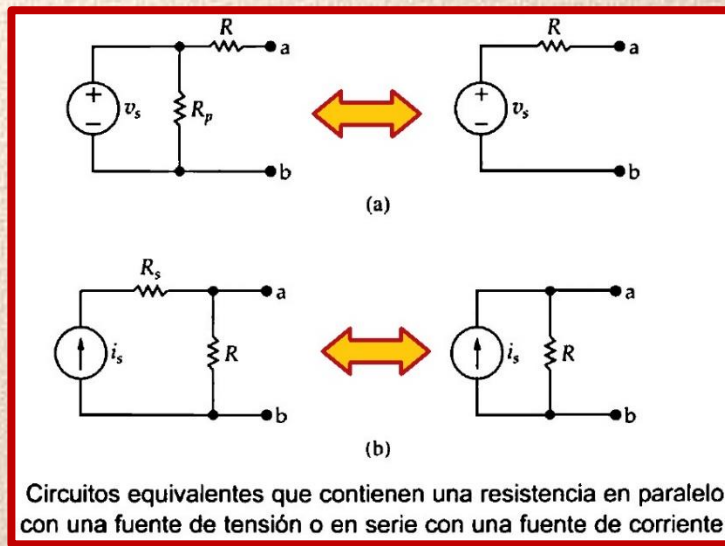
$$v_s = i_s R$$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Transformación de Fuentes

TRANSFORMACIÓN DE FUENTES

Una transformación de Fuentes, permite sustituir una fuente de tensión en serie con una resistencia por una Fuente de Corriente en paralelo con la misma resistencia, o viceversa

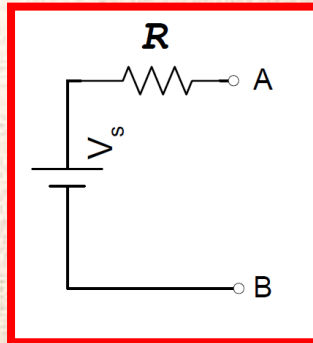


$$i_s = \frac{v_s}{R}$$

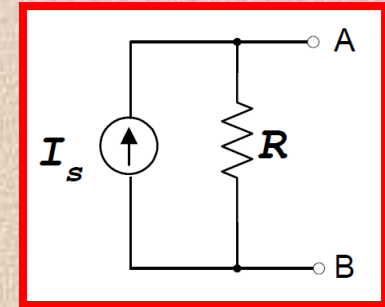
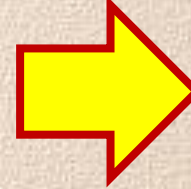
$$v_s = i_s R$$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Transformación de Fuentes



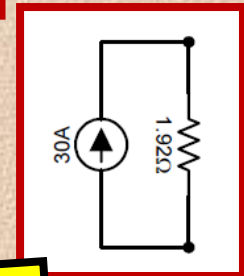
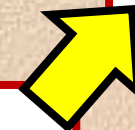
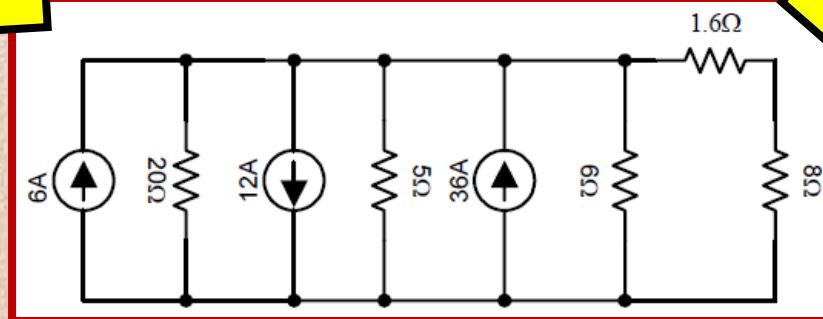
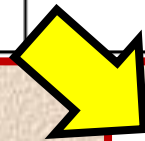
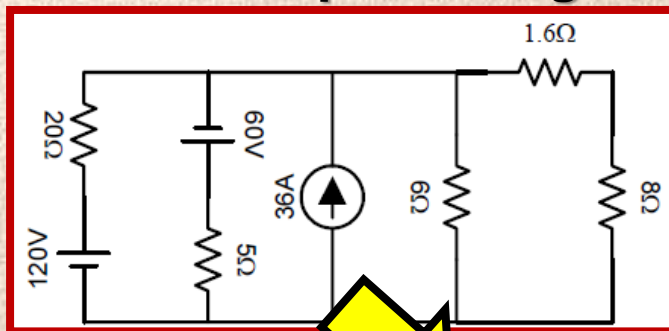
Transformación de Fuentes



Se debe cumplir las siguientes relaciones:

$$I_s = \frac{V_s}{R}$$

y $V_s = I_s R$



TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

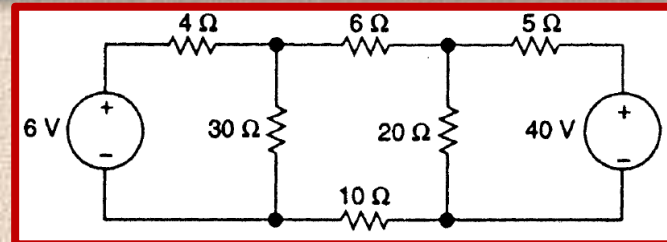
Transformación de Fuentes

PROBLEMA 1

Aplicando la técnica de transformación de fuentes se pide:

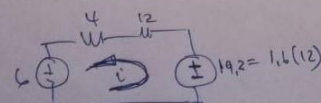
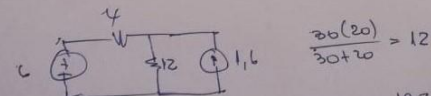
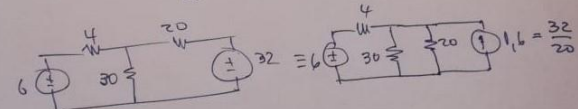
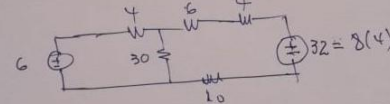
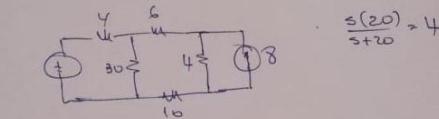
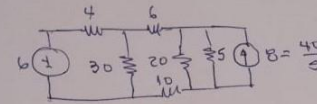
Encontrar la potencia relacionada con la fuente de 6[V] en el circuito de la figura. R.: 4.95[W]

Determinar si la fuente de 6[V] consume o suministra la potencia que se calculó en (a). R.: Consume



Problema 1
 $P_{6[V]} = ?$ ¿Suministra o Absorbe?

Por transformación de fuentes



$$i = \frac{19.2 - 6}{4 + 12} \Rightarrow i = 0.825 \text{ A}$$

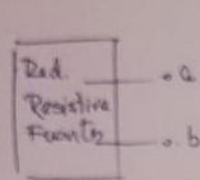
$$P = +6(0.825)$$

$$P = +4.95 \text{ W}$$

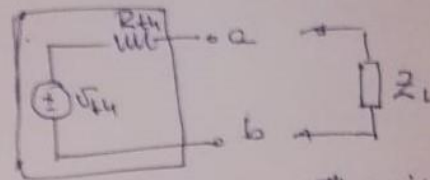
→ Absorbe

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Circuito Equivalente de THEVENIN



$$\begin{cases} \bar{V}_{th} = ? \\ R_{th} = ? \end{cases}$$



R_{th} = Resistencia de Thevenin
 \bar{V}_{th} = Tensión de Thevenin
 Z_L = Carga (En DC $Z_L = R_L$)

Si son equivalentes:

- Puedo Conectar cualquier Z_L entre "a" y "b"
- Entre "a" y "b" deberá mantenerse las condiciones

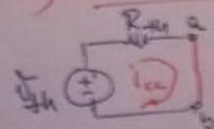
$$\min < Z_L < \max$$

$$\begin{aligned} Z_L &\begin{cases} \max \Rightarrow Z_L \rightarrow \infty \Rightarrow R_L \rightarrow \infty & \text{Ckto Abierto} \\ \min \Rightarrow Z_L \rightarrow 0 \Rightarrow R_L \rightarrow 0 & \text{Cortoccto} \end{cases} \end{aligned}$$

A) Ckto. Abierto $\Rightarrow \bar{V}_{th}$

$$\bar{V}_{ab} = \bar{V}_{th}$$

B) Cortoccto. $\Rightarrow R_{th}$



$$\text{LOR: } \bar{V}_{th} = i_{cc} R_{th}$$

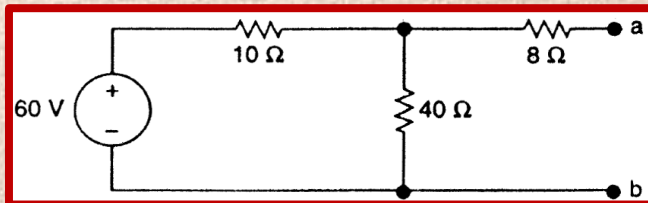
$$R_{th} = \frac{\bar{V}_{th}}{i_{cc}}$$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Circuito Equivalente de THEVENIN

PROBLEMA 6

Encuentre el circuito equivalente de Thévenin con respecto a las terminales “a” y “b” del circuito que se presenta en la figura.
R.: 48[V] ; 16[Ω]



Problema 6

A) Ckto Abierto $\Rightarrow \boxed{V_{th}} \Rightarrow V_{ab} = V_{th} = V_{40}$

Por Div de Tensión:

$$V_{th} = V_{ab} = V_{40} = 60 \frac{40}{10+40} \Rightarrow V_{th} = 48[V]$$

b) Ckto corto $\Rightarrow \boxed{R_{th}} \Rightarrow R_{th} = \frac{V_{th}}{I_{cc}}$

Por Nodos:

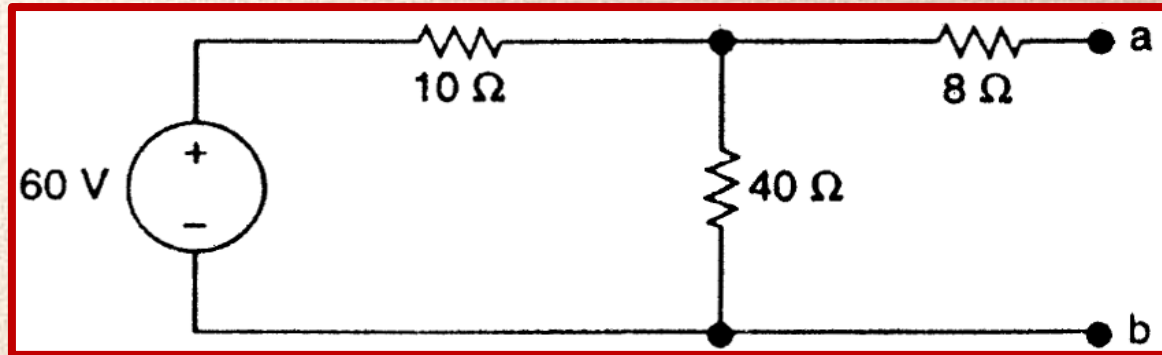
$$\frac{V-60}{10} + \frac{V}{40} + \frac{V}{8} = 0$$

$$V = 24[V]$$

$$I_{cc} = \frac{24}{8} \Rightarrow I_{cc} = 3[A] \Rightarrow R_{th} = \frac{48}{3} \Rightarrow R_{th} = 16[\Omega]$$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Circuito Equivalente de THEVENIN



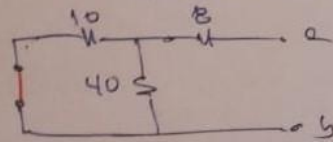
La R_{th} en presencia de fuentes independientes

- De sustituir las fuentes:

Fuente de tensión \rightarrow Corto de 0Ω

Fuente de corriente \rightarrow Circuito abierto

- Hallar la Resistencia $R_{ab} = R_{th}$



$$R_{ab} = 8 + \frac{10(40)}{10+40} \Rightarrow R_{ab} = 16[\Omega]$$

$$\underline{R_{th} = 16[\Omega]}$$



TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

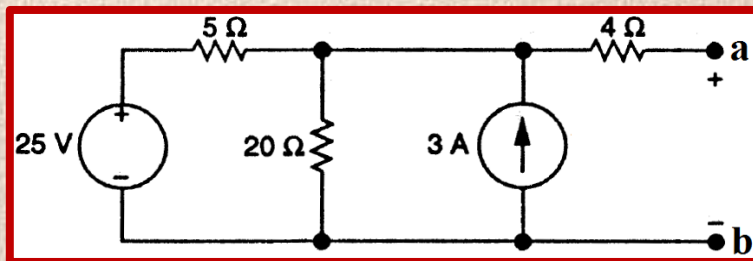
Circuito Equivalente de THEVENIN

PROBLEMA 7

❑ Calcular el circuito equivalente de Thevenin con respecto a las terminales "a" y "b" del circuito que se presenta en la figura.

R.: 32[V]; 8[Ω]

❑ Hallar el circuito equivalente de Norton. R.: 4[A] ; 8[Ω]



Problema 7:
 i) Ckto. Eq. Thevenin? $\Rightarrow V_{th} = ?$ entre "a" y "b"
 A) Ckto. Abierto $\Rightarrow V_{th}$ $\Rightarrow V_{ab} = V_{th}$

Por Nodos
 $V = V_{ab} = V_{th}$
 $\frac{V-25}{5} + \frac{V}{20} - 3 = 0$
 $V = 32[V] \Rightarrow V_{th} = 32[V]$

B) Ckto. Ckto. $\Rightarrow R_{th}$ $R_{th} = \frac{V_{th}}{I_{cc}}$
Por Nodos:
 $\frac{V-25}{5} + \frac{V}{20} + \frac{V}{4} - 3 = 0$
 $V = 16[V]$
 $I'_{cc} = \frac{16}{4} \Rightarrow I'_{cc} = 4[A] \Rightarrow R_{th} = \frac{32}{4} \Rightarrow R_{th} = 8[\Omega]$

Reforma R_{th}
 $R_{ab} = R_{th} = 4 + \frac{5(20)}{5+20}$
 $R_{th} = 8[\Omega]$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Circuito Equivalente de NORTON

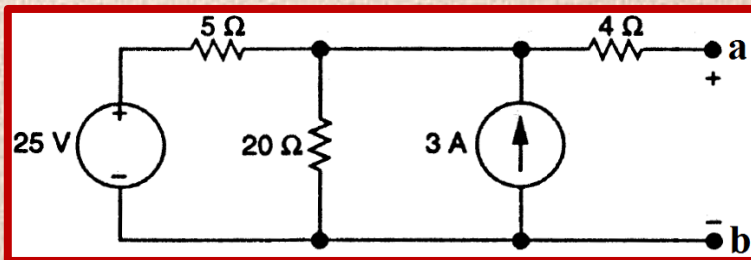
PROBLEMA 7

Calcular el circuito equivalente de Thevenin con respecto a las terminales “a” y “b” del circuito que se presenta en la figura.

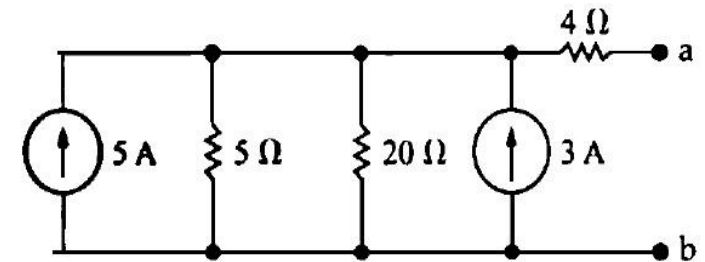
R.: 32[V]; 8[Ω]

Hallar el circuito equivalente de Norton.

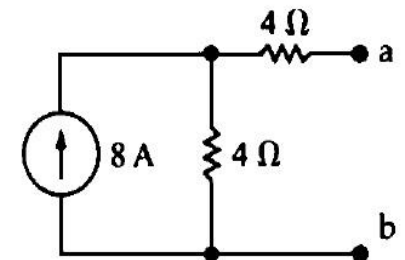
R.: 4[A] ; 8[Ω]



Paso 1:
Transformación de fuente



Paso 2:
Combinación de las fuentes en paralelo y de las resistencias en paralelo



TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Circuito Equivalente de NORTON

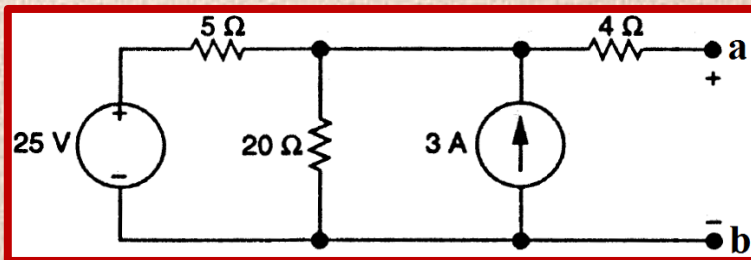
PROBLEMA 7

Calcular el circuito equivalente de Thevenin con respecto a las terminales “a” y “b” del circuito que se presenta en la figura.

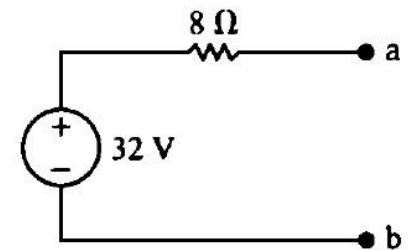
R.: 32[V]; 8[Ω]

Hallar el circuito equivalente de Norton.

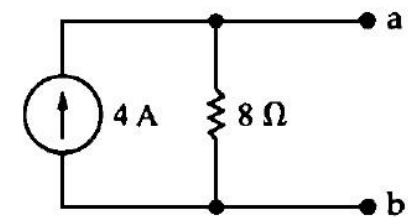
R.: 4[A] ; 8[Ω]



Paso 3:
Transformación de fuente: se combinan las resistencias en serie, produciendo el equivalente de Thévenin



Paso 4:
Transformación de fuente que nos da el equivalente de Norton del circuito



TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Circuito Equivalente de NORTON

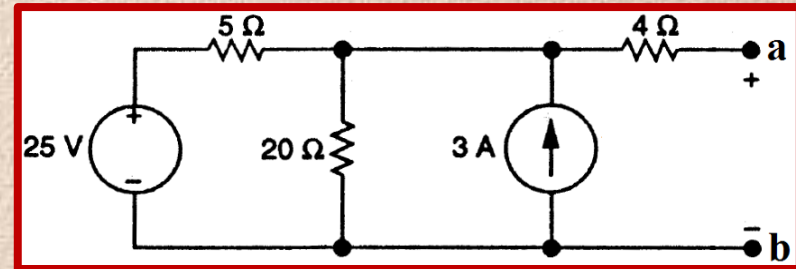
PROBLEMA 7

Calcular el circuito equivalente de Thevenin con respecto a las terminales "a" y "b" del circuito que se presenta en la figura.

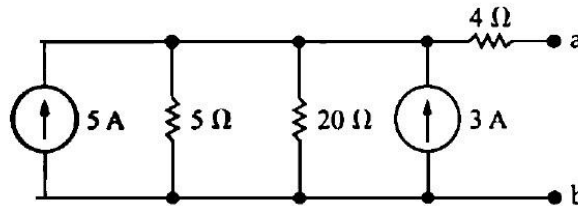
R.: 32[V]; 8[Ω]

Hallar el circuito equivalente de Norton.

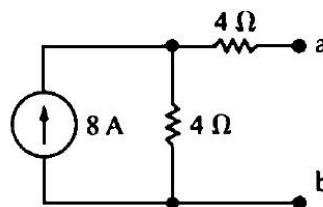
R.: 4[A] ; 8[Ω]



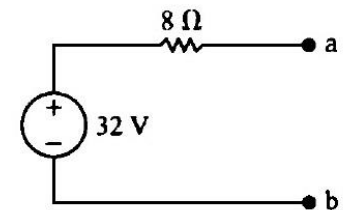
Paso 1:
Transformación de fuente



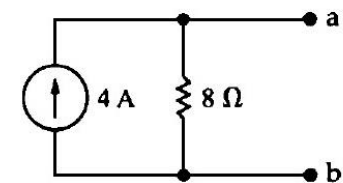
Paso 2:
Combinación de las fuentes en paralelo y de las resistencias en paralelo



Paso 3:
Transformación de fuente: se combinan las resistencias en serie, produciendo el equivalente de Thévenin



Paso 4:
Transformación de fuente que nos da el equivalente de Norton del circuito



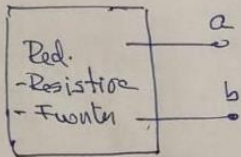
TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Máxima Transferencia de Potencia

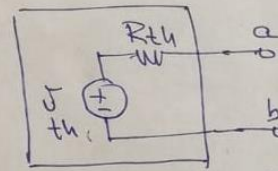
Lo que se pretende es Transferir Potencia entre una **Fuente** y una **Carga**, para lograr:

- **Eficiencia** en la transferencia de la potencia
- **Cantidad** de potencia transferida

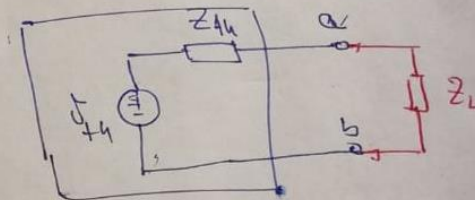
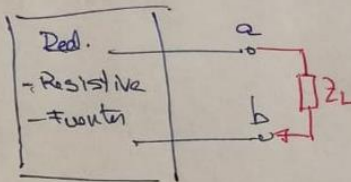
Máxima Transferencia de Potencia (P_{max})



≡



Equivalente de Thevenin

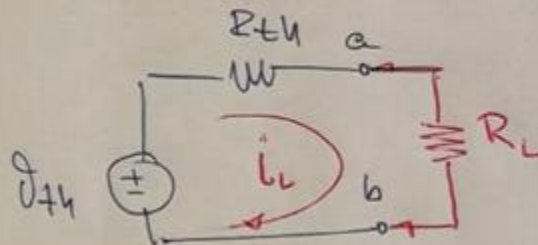


$$Z_L (\text{o sea } R_L) = ?$$

Para obtener Máxima Transferencia de Potencia

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Máxima Transferencia de Potencia



$$P = \frac{V_L^2}{R_L} \quad \Leftrightarrow \quad P = i_L^2 R_L$$

Por divisor de Tensión $V_L = V_{th} \frac{R_L}{R_{th} + R_L}$

$$P_{R_L} = \frac{\left(V_{th} \frac{R_L}{R_{th} + R_L} \right)^2}{R_L} \quad \Rightarrow \quad P_{R_L} = V_{th}^2 \frac{R_L}{(R_{th} + R_L)^2} \Rightarrow P_{R_L} = V_{th}^2 \frac{R_L}{(R_{th} + R_L)^2}$$

Por la regla de H'ospital para maximizar: $\frac{dP_{R_L}}{dR_L} = 0$

$$\frac{dP_{R_L}}{dR_L} = \frac{V_{th}^2 (R_{th} + R_L)^2 - V_{th}^2 R_L (2)(R_{th} + R_L)}{(R_{th} + R_L)^4} = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{R_L = R_{th}}$$

y la máxima transferencia de Potencia $\Rightarrow \boxed{P_{mxt} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}}$

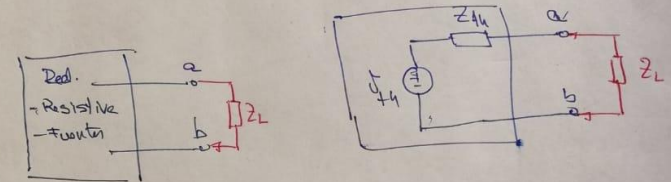
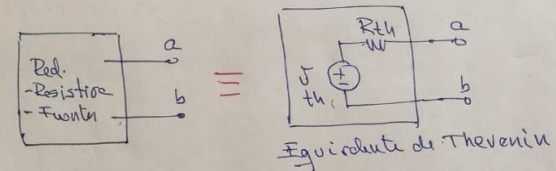
TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Máxima Transferencia de Potencia

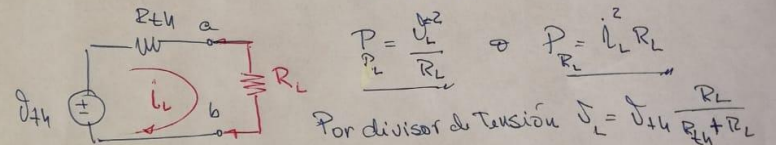
Lo que se pretende es Transferir Potencia entre una *Fuente* y una Carga, para lograr:

- **Eficiencia** en la transferencia de la potencia
- **Cantidad** de potencia transferida

Máxima Transferencia de Potencia (P_{mxt})



Z_L (o sea R_L) = ? Para obtener Máxima Transferencia de Potencia



$$P_{R_L} = \frac{\left(V_{th} \frac{R_L}{R_{th} + R_L} \right)^2}{R_L} \quad \text{Por divisor de Tensión} \quad V_L = V_{th} \frac{R_L}{R_{th} + R_L}$$

$$P_{R_L} = \frac{V_{th}^2}{R_L} \frac{R_L^2}{(R_{th} + R_L)^2} \Rightarrow P_{R_L} = \frac{V_{th}^2}{(R_{th} + R_L)^2} R_L$$

$$\frac{dP_{R_L}}{dR_L} = 0 \Rightarrow R_L = R_{th}$$

Por la regla de Hospital para máximo:

$$\frac{dP_{R_L}}{dR_L} = \frac{V_{th}^2 (R_{th} + R_L)^2 - V_{th}^2 R_L (2(R_{th} + R_L))}{(R_{th} + R_L)^4} = 0 \Rightarrow R_L = R_{th}$$

y la máxima transferencia de Potencia $\Rightarrow P_{\text{mxt}} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Máxima Transferencia de Potencia

Procedimiento para Máxima Transf. de Potencia

1. Determinar el equivalente de Thévenin

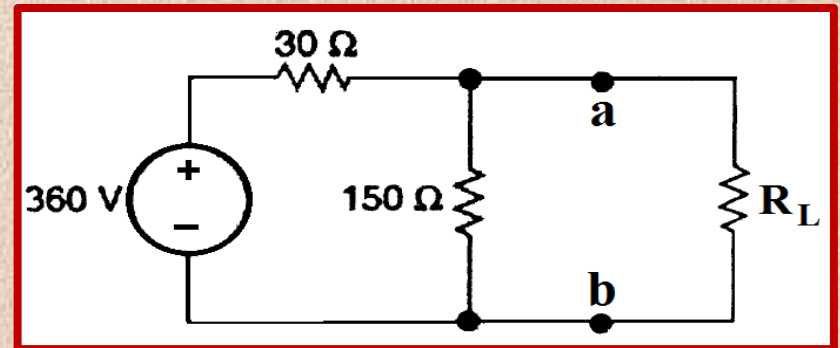
@ Cc to Abierto $\Rightarrow I_{th}$

@ Corto Cc to $\Rightarrow R_{th}$

2. $R_L = R_{th}$ y Calcular $P_{max} = \frac{I_{th}^2}{4 R_{th}}$

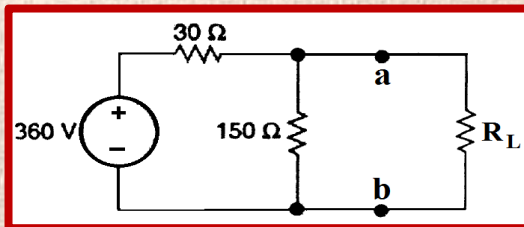
PROBLEMA 17

- En el circuito de la figura, encontrar el valor de " R_L ", que origine la Máxima Transferencia de Potencia a " R_L ". R.: 25[Ω]
- Calcular la máxima potencia que se puede suministrar a " R_L ". R.: 900[W]
- Al ajustar " R_L ", para la Máxima Transferencia de Potencia, ¿qué porcentaje de la potencia suministrada por la fuente de 360[V] llega a " R_L "? R.: 35.71 %



TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

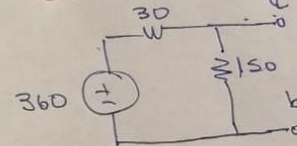
Máxima Transferencia de Potencia



Problema 17: $R_L = ?$ (Para máxima Pot. entre "a" y "b") $\%P = ?$ (de $P_{L_{máx}}$) $P = ?$

1. Ccto. Eq. de Thevenin

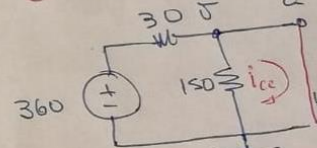
a) Ccto. Abierto $\Rightarrow R_{th}$



$V_{ab} = V_{th}$
Por divisor de Tensión

$$V_{th} = 360 \frac{150}{30+150} \Rightarrow V_{th} = 300 [V]$$

b) Corto.ccto. $\Rightarrow R_{th}$



Por el Método de las Corrientes de Mallas:

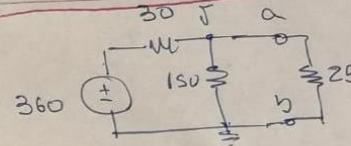
$$\text{Por Malla: } i_{cc} = \frac{360}{30} \Rightarrow i_{cc} = 12 [A]$$

$$R_{th} = \frac{300}{12} \Rightarrow R_{th} = 25 [\Omega]$$

$$R_L = R_{th} \Rightarrow R_L = 25 [\Omega]$$

Otra forma:

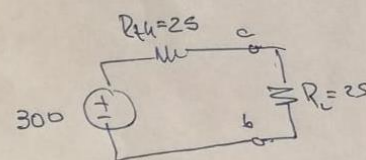
$$R_{th} = \frac{30(150)}{30+150} = 25 [\Omega]$$



Por Mallas:

$$\frac{360-360}{30} + \frac{V}{150} + \frac{V}{25} = 0 \Rightarrow V = -150 [V]$$

$$i = \frac{150-360}{30} \Rightarrow P = +360(-7) \Rightarrow P = -2520 [W]$$



$$P_{máx} = \frac{300^2}{4(25)} \Rightarrow P_{máx} = 900 [W]$$

$$\frac{2520-100\%}{900-x} \Rightarrow 35,71 \%$$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Máxima Transferencia de Potencia

PROBLEMA 18

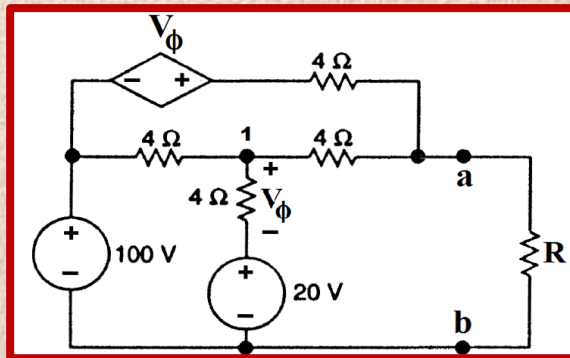
- ❑ Encuentre el valor de “R” que permite que el circuito de la figura suministre la Máxima Potencia a las terminales “a” y “b”.

R.: $V_1 = 80[V]$; $V_a = 40[V]$;

$V_{th} = 120[V]$; $I_{cc} = 40[A]$; $R = 3[\Omega]$

- ❑ Determine la máxima potencia administrada a “R”.

R.: $1200[W]$



Problema 18: $R = ?$ (Máx. Pot.) $P_{máx} = ?$ $P_{cc} = ?$ $P_{\phi} = ?$

(a) Ckto. Abierto $\Rightarrow V_{th}$

Pos. Nodos:

$$V_{th} = V_4 + V_8 + 20$$

$$\frac{V-100}{4} + \frac{V-20}{4} + \frac{V-V_8-100}{8} = 0$$

$$V = V_8 + 20$$

Resolviendo: $V = 80[V]$

$$V_8 = 80 - 20 \Rightarrow V_8 = 60[V]$$

$$V_4 = 40[V]$$

$$i = \frac{80 - 60 - 100}{8} \Rightarrow i = -10[A] \Rightarrow V_4 = +4(\neq 10) \Rightarrow V_4 = 40[V]$$

$$V_{th} = 40 + 60 + 20 \Rightarrow V_{th} = 120[V]$$

(b) Ckto. Ckto. $\Rightarrow R_{th}$

$$\begin{bmatrix} 12 & -4 & -4 \\ -4 & 8 & -4 \\ -4 & -4 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_{cc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100-20 \\ 20 \\ 20 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 12 & -4 & -4 & -1 \\ -4 & 8 & -4 & 0 \\ -4 & -4 & 8 & 0 \\ 0 & 4 & -4 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_{cc} \\ V_{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 80 \\ 20 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$i_1 = 30[A], i_2 = 45[A], i_{cc} = 40[A], V_{\phi} = 20[V]$$

$$R_{th} = \frac{120}{40} \Rightarrow R_{th} = 3[\Omega]$$

$$P = \frac{120^2}{4(3)} \Rightarrow P_{máx} = 1200[W]$$

$P_{cc} = 400[W] \Rightarrow P = -400[W]$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Máxima Transferencia de Potencia

PROBLEMA 18

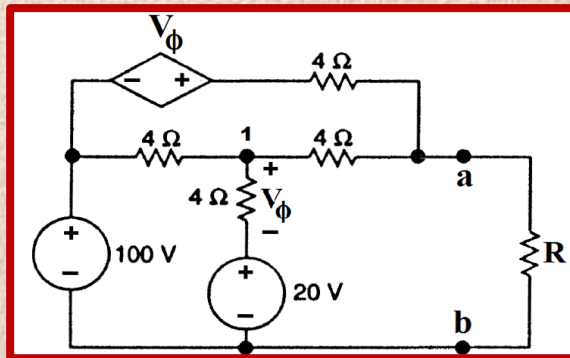
- ❑ Encuentre el valor de “R” que permite que el circuito de la figura suministre la Máxima Potencia a las terminales “a” y “b”.

R.: $V_1 = 80[V]$; $V_a = 40[V]$;

$V_{th} = 120[V]$; $I_{cc} = 40[A]$; $R = 3[\Omega]$

- ❑ Determine la máxima potencia administrada a “R”.

R.: $1200[W]$



Handwritten solution for Problem 18:

Circuit diagram with current labels i_1 , i_2 , and i_3 .

$$\begin{bmatrix} 12 & -4 & -4 \\ -4 & 8 & -4 \\ -4 & -4 & 11 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 80 \\ 0 \\ 20 \end{bmatrix}$$

$$V_\phi = 4(i_2 - i_3) \Rightarrow 4i_2 - 4i_3 - V_\phi = 0$$

$$\begin{bmatrix} 12 & -4 & -4 & -1 \\ -4 & 8 & -4 & 0 \\ -4 & -4 & 11 & 0 \\ 0 & 4 & -4 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ V_\phi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 80 \\ 0 \\ 20 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$i_1 = 20[A]$ $i_2 = 30[A]$ $-i_3 = 20[A]$ $V_\phi = 40[V]$

$P_{100} = -100(30) \Rightarrow P_{100} = -3000 [W]$
 $P_{R_\phi} = -40(20) \Rightarrow P_{R_\phi} = -800 [W]$
 $P_{20} = +20(30 - 20) \Rightarrow P_{20} = 200 [W]$

$P_{gu} = -3000 - 800 + 200$
 $P_{gu} = -3600 [W]$
 $P_{gu} = P_{dis} = 3600 [W]$

Pot. de la 2 fuente: $P = +3800 - 800 = P = +3800 [W]$
 $3800 [W] \rightarrow 100\%$
 $1200 [W] \rightarrow r \Rightarrow 31,58\%$

TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Teorema de Superposición

El **Principio De Superposición** establece que en un **circuito lineal**, se puede determinar la respuesta total calculando la respuesta a cada fuente independiente por separado y sumando algebraicamente sus contribuciones.

- ✓ **Paso 1.** Anular todas las fuentes independientes excepto una. Como se ha comentado anteriormente, para anular una fuente de tensión se sustituye por un cortocircuito y una de corriente por un circuito abierto.
- ✓ **Paso 2.** Se calcula la variable que se pretende determinar, ya sea una tensión o una intensidad, utilizando las leyes de Kirchhoff. Se vuelve al paso 1 para cada una de las fuentes independientes.
- ✓ **Paso 3.** Se calcula la tensión o intensidad final sumando todas las contribuciones obtenidas de realizar el paso 2 para cada una de las fuentes independientes.



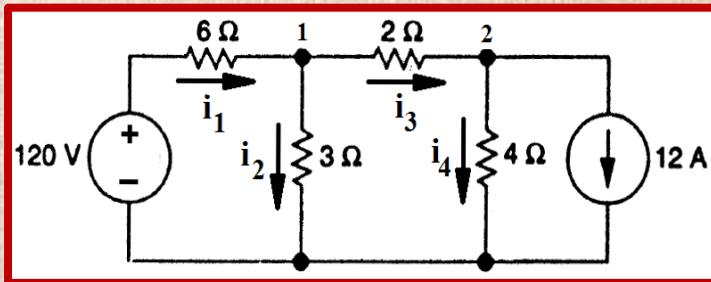
TEMA 5: TEOREMAS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Teorema de Superposición

PROBLEMA 21

Aplicando el Principio de Superposición calcular las corrientes: i_1 , i_2 , i_3 e i_4 .

R.: $V_1 = 18[V]$; $V_2 = -4[V]$; $17[A]$; $6[A]$; $11[A]$; $-1[A]$



Principio de Superposición

Problema 21: $i_1 = ?$ $i_2 = ?$ $i_3 = ?$ $i_4 = ?$

- Anulando las fuentes de Corriente \Rightarrow corto abierto

Por Mallas:

$$\begin{bmatrix} 9 & -3 \\ -3 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1' \\ i_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 120 \\ 0 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} i_1' \\ i_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 \\ 10 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} i_1' = 15[A] \\ i_2' = 10[A] \end{bmatrix}$$

$i_3' = i_4' = 5[A]$

- Anulando la fuente de Tensión \Rightarrow Cortocircuito

Por Nodos:

$$\begin{cases} \frac{v_1}{6} + \frac{v_1 - v_2}{3} + \frac{v_1 - v_2}{2} = 0 \\ \frac{v_2 - v_1}{3} + \frac{v_2}{4} + 12 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = -12[V] \\ v_2 = -24[V] \end{cases}$$

$$\begin{aligned} i_1'' &= \frac{-12}{6} \Rightarrow i_1'' = -2[A] \\ i_2'' &= \frac{-12}{3} \Rightarrow i_2'' = -4[A] \\ i_3'' &= \frac{-12 - (-24)}{2} \Rightarrow i_3'' = 6[A] \\ i_4'' &= \frac{-24}{4} \Rightarrow i_4'' = -6[A] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_1 &= i_1' + i_1'' = 15 - 2 \Rightarrow i_1 = 13[A] \\ i_2 &= i_2' + i_2'' = 10 - 4 \Rightarrow i_2 = 6[A] \\ i_3 &= i_3' + i_3'' = 5 + 6 \Rightarrow i_3 = 11[A] \\ i_4 &= i_4' + i_4'' = 5 - 6 \Rightarrow i_4 = -1[A] \end{aligned}$$

Por Nodos:

$$\begin{cases} \frac{v_1 - 120}{6} + \frac{v_1}{3} + \frac{v_1 - v_2}{2} = 0 \\ \frac{v_2 - v_1}{3} + \frac{v_2}{4} + 12 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = 18[V] \\ v_2 = -4[V] \end{cases}$$

$$\begin{aligned} i_1 &= \frac{18 - 120}{6} = -17[A] \\ i_2 &= \frac{18}{3} = 6[A] \\ i_3 &= \frac{18 - (-4)}{2} = 11[A] \\ i_4 &= \frac{-4}{4} = -1[A] \end{aligned}$$



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

CIRCUITOS ELECTRICOS I

FIN DE LA UNIDAD

!!! GRACIAS !!!

MSc. Ing. Juan José Edgar
MONTERO GUEVARA

