



# ELECTROTECNIA Y ELECTRÓNICA

(Mecánica - Electromecánica - Computación)

## TRABAJO DE APLICACIÓN Nº 01

Preparado por: Ing. Pablo Morcelle del Valle, Ing. Augusto Cassino, Ing. Guillermo Renzi.

Actualizado por: Ing. Fabián Blassetti, Ing. Gustavo Adgi Romano, Ing. Mónica González

### INTRODUCCIÓN. COMPONENTES DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS. LEYES.

Modelo circuital. Características y rango de aplicación. Excitación y Respuesta. Análisis y Síntesis. Elementos de circuito: Activos y Pasivos. Leyes de Ohm y Kirchhoff. Convenciones de Referencia. Energía y potencia.

**REPASAR:** Leyes de Ohm y Kirchhoff. Circuitos de corriente continua.

### PARA TENER EN CUENTA ANTES DE EMPEZAR

*Respetar lo que sigue contribuirá al aprendizaje y al éxito en las evaluaciones.*

1. **Reconocer** los elementos que componen el circuito: activos y pasivos. Sus características y comportamiento y la transformación energética en cada uno de ellos.
2. **Indicar** en el circuito las corrientes, con su sentido y las tensiones, con su polaridad.
3. **Identificar** nodos y mallas para la correcta referencia en el planteo de la Ley de Ohm y las Leyes de Kirchhoff
4. **Recordar:**

a) La corriente **no circula**, lo que circulan son las cargas eléctricas:  $i = \frac{dq}{dt}$ .

b) La tensión **no cae**, cae el potencial eléctrico y es lo único que puede suceder teniendo como referencia el sentido de la corriente. Dicho sentido va del potencial eléctrico más alto (+) al potencial más bajo (-). Así, siempre la tensión es  $u = V_+ - V_-$ .

c) La potencia no se consume ni se transfiere. Representa cuánta energía se transfiere por unidad de tiempo y en qué sentido se realiza dicha transferencia.

$$p = \frac{dw}{dt}$$

d) Tampoco se consume la energía, sino que se transforma reversiblemente en los elementos reactivos y se transforma irreversiblemente en los elementos no reactivos y en los elementos activos.

e) El inductor **no es un cortocircuito**, sino que su *tensión vale cero* si a través de él se establece una corriente constante:  $u_L = L \frac{di_L}{dt}$ .

f) El capacitor **no es un circuito abierto**, sino que su *corriente es nula* cuando tiene aplicada una tensión constante entre sus bornes:  $i_C = C \frac{du_C}{dt}$ .

5. Respetar la **nomenclatura** y **simbología**, y poner las **unidades** de las magnitudes calculadas al lado de los resultados

6. **Explicar** y **justificar** explícitamente las decisiones tomadas durante la resolución de los ejercicios.

7. No olvidar **leer las sugerencias** que se muestran en cada ejercicio.

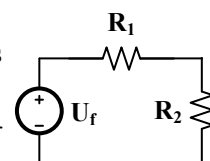
### EJERCICIO Nº 01:

El circuito de la figura consiste en un divisor de tensión.  $U_f = 12V$ ,  $R_1 = 10\Omega$  y  $R_2 = 30\Omega$  conectados según el esquema mostrado.

a) Calcular la tensión sobre el resistor  $R_2$ . ¿Qué relación tiene con la tensión de la fuente? Justificar la respuesta.

RESPUESTA:  $U_2 = \frac{3}{4} U_f = 9V$

b) Conectar una fuente de corriente  $I_f = 2A$  en lugar de la fuente de tensión y calcular todas las tensiones y corrientes del circuito. En este caso, ¿Se dividen las corrientes?



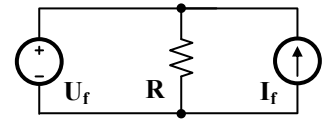


RESPUESTA:  $U_1 = 20V$ ,  $U_2 = 60V$ ,  $U_f = 80V$ .

c) Proponer un circuito en el cual se divida la corriente de una fuente de corriente y resolverlo.

### EJERCICIO N° 02:

El circuito de la figura contiene una fuente de tensión  $U_f = 12V$ , una fuente de corriente  $I_f = 1A$  y un resistor  $R = 6\Omega$  conectados según el esquema mostrado.



- Plantear las ecuaciones de las leyes de Kirchhoff y de Ohm que permiten resolver el circuito sin reemplazar los coeficientes por valores.
- Reemplazar por los datos numéricos. Calcular la corriente y la tensión en cada uno de los tres elementos del circuito.

RESPUESTA: La tensión de los tres elementos es  $U_f$  porque la fuente de tensión lo impone (los 3 están en paralelo)  $I_R = 2A$  (hacia abajo);  $I_U = 1A$  (saliendo del positivo de la fuente de tensión).

- Explicar la diferencia entre *excitación* y *respuesta*. Repetir el inciso a) suponiendo que  $R = 12\Omega$ . Explicar qué sucede con respecto a las fuentes analizando sus corrientes y tensiones.

RESPUESTA:  $I_R = 1A$ ,  $I_U = 0$ .

### EJERCICIO N° 03:

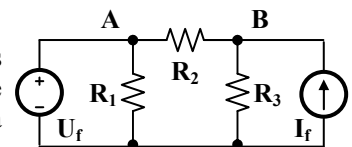
En base a los resultados del EJERCICIO N° 02:

- Explicar la relación que hay entre la polaridad de una tensión definida (por ejemplo, en la fuente de corriente o en el resistor) y el signo del valor obtenido o entre la dirección de la corriente definida (por ejemplo, en la fuente de tensión o en el resistor) y el signo del valor obtenido.
- ¿Cómo debería ser la polaridad de la tensión en una fuente de corriente? ¿Hay una única posibilidad? Explicar con detalle y justificando adecuadamente la respuesta. Ídem para una fuente de tensión y su corriente y para un resistor.
- Para el caso de la fuente de tensión ¿la corriente debe salir siempre por el terminal positivo? Justificar la respuesta. Resolver el ejercicio anterior suponiendo que  $R = 24\Omega$  y analizar qué sucede.

RESPUESTA: No necesariamente, en este caso:  $I_R = 0,5A$  (hacia abajo)  $I_U = -0,5A$  (saliendo del positivo de la fuente de tensión).

### EJERCICIO N° 04

En el circuito de la figura.  $U_f = 10V$ ;  $I_f = 7A$ ;  $R_1 = 40\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$  y  $R_3 = 10\Omega$ .



- Dibujar el circuito indicando los sentidos supuestos de las corrientes y las polaridades de las correspondientes tensiones en cada elemento. Efectuar comentarios respecto de los sentidos de las corrientes y polaridades de las tensiones resultantes en cada elemento del circuito.
- Calcular las corrientes del circuito y la tensión  $U_{AB}$  explicando paso a paso.

RESPUESTA: Todas las corrientes de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha:  $I_{Uf} = -1,75A$ ;  $I_1 = 0,25A$ ;  $I_3 = 5A$ ;  $I_2 = -2A$ ;  $U_{AB} = -40V$ .

- ¿Qué sucede si  $I_f = 1A$ ? Repetir el punto a) en esta nueva condición y efectuar comentarios.

RESPUESTA: Todas las  $I$  de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha:  $I_{Uf} = 0,25A$ ;  $I_1 = 0,25A$ ;  $I_3 = 1A$ ;  $I_2 = 0$ ;  $U_{AB} = 0$ .

### EJERCICIO N° 05:

- Explicar cómo se determina si un elemento entrega o recibe energía en función de las convenciones de tensión o corriente elegidas.
- Para los circuitos de los EJERCICIOS (a y b), 02 (b y c), 03 (c) y 04 (b y c), calcular la potencia en todos y cada uno de sus elementos (fuentes y resistores). Indicar cuáles entregan energía y cuáles reciben, justificando la respuesta.

RESPUESTA:

Ej 01: a)  $P_U = 3,6W$ ;  $P_1 = 0,9W$ ;  $P_2 = 2,7W$ ; La fuente entrega, los resistores reciben energía.

b)  $P_U = 160W$ ;  $P_1 = 40W$ ;  $P_2 = 120W$ ; La fuente entrega, los resistores reciben energía.

Ej 02: b)  $P_U = 12W$ ;  $P_1 = 12W$ ;  $P_R = 24W$ ; Las fuentes entregan, el resistor recibe energía

c)  $P_U = 0$ ;  $P_1 = 12W$ ;  $P_R = 12W$ ; La fte. de corriente entrega, la de tensión no entrega ni recibe, el resistor recibe.

Ej 03: c)  $P_U = -6W$ ;  $P_1 = 12W$ ;  $P_R = 6W$ ; La fuente de corriente entrega, la de tensión recibe, el resistor recibe energía.

Ej 04: b)  $P_U = -17,5W$ ;  $P_1 = 350W$ ;  $P_2 = 2,5W$ ;  $P_3 = 80W$ ;  $P_4 = 250W$ ; La fte. de corriente entrega, el resto recibe energía.

c)  $P_U = 2,5W$ ;  $P_1 = 10W$ ;  $P_2 = 2,5W$ ;  $P_3 = 0$ ;  $P_4 = 10W$ ; La fte. de corriente y la de tensión entregan, el resto recibe.

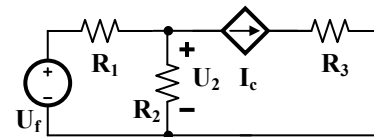
- Realizar el balance de potencias para cada circuito y explicar qué sucede y como proceder cuando una fuente activa recibe energía.



### EJERCICIO N° 06:

En el circuito de la figura.  $U_f = 6V$ ,  $I_c = 10[S]$ ,  $U_2$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = 2\Omega$ .

- Clasificar las fuentes presentes (de tensión, de corriente, reales o ideales, independientes o controladas). Repetir si se supone que  $R_1$  es parte de la fuente de tensión y  $R_2$  parte de la fuente de corriente.
- Resolver el circuito y determinar todas las tensiones y corrientes.



RESPUESTA: Todas las corrientes de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha y las tensiones con el positivo arriba o a la izquierda.  $I_{U_f} = 2,86A$ ;  $I_2 = 0,14A$ ;  $I_c = 2,73A$ ;  $U_1 = 5,73V$ ;  $U_2 = 0,27V$ ;  $U_c = -5,19V$ ;  $U_3 = 5,46V$ ;

- Realizar el balance de potencias del circuito.

RESPUESTA:  $P_U = 17,16W$ ;  $P_{I_c} = 14,17W$ ;  $P_1 = 16,36W$ ;  $P_2 = 0,04W$ ;  $P_3 = 14,9W$ . De acuerdo a las polaridades se puede observar que la fuente de corriente y la de tensión entregan, el resto recibe energía. El balance de potencias lo confirma.

### EJERCICIO N° 07:

En el circuito de la figura.  $U_{f1} = 130V$ ,  $U_{f2} = 80V$ ,  $I_f = 1,3A$ ,  $R_1 = 150\Omega$ ,  $R_2 = 60\Omega$ ,  $R_3 = 5\Omega$ .

- Calcular la tensión entre A y B.

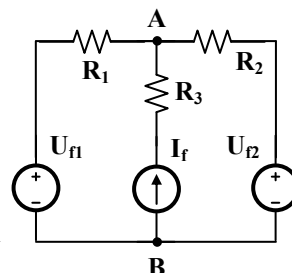
RESPUESTA:  $U_{AB} = 150V$

- Determinar si las fuentes entregan o reciben energía.

RESPUESTA: Se calculan las corrientes en las fuentes de tensión (de arriba hacia abajo) y la tensión en la fuente de corriente (positivo arriba):  $U_1 = 156,5V$ ,  $I_1 = 0,13A$ ,  $I_2 = 1,16A$

- Indicar qué valor debería tener el resistor  $R_2$  para que las corrientes de las fuentes de tensión tengan el mismo valor. ¿Cuánto vale esa corriente?

RESPUESTA:  $R_2 = 227\Omega$ ;  $I_1 = I_2 = 0,64A$ .



### EJERCICIO N° 08:

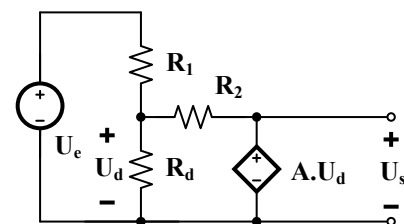
El circuito de la figura representa un dispositivo amplificador muy utilizado para acondicionar señales eléctricas de pequeña amplitud.  $U_e$  es la tensión de entrada,  $U_s$  la tensión de salida y A es la ganancia del amplificador.

- Calcular la tensión de salida  $U_s$  en función de la tensión de entrada.
- Calcular  $U_s$  si  $U_e = 1mV$ ,  $R_d = 20M\Omega$ ,  $R_1 = 1k\Omega$ ,  $R_2 = 47k\Omega$  y  $A = 100.000$ .

RESPUESTA:  $U_s = -47mV$ .

- Calcular la corriente que entrega la fuente de entrada.

RESPUESTA:  $I_e = -1\mu A$ ; desde arriba hacia abajo.

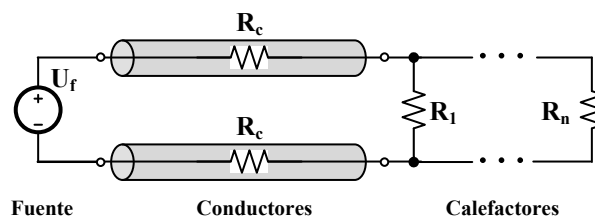


### EJERCICIOS ADICIONALES

**Sugerencia:** Resolver todos los ejercicios siguiendo las pautas establecidas para los ejercicios anteriores: No dar por hechos u obvios suposiciones o afirmaciones, nada debe darse por implícito. Plantear, explicar, justificar, respetar la nomenclatura y simbología.

### EJERCICIO N° 09:

El circuito de la figura representa la conexión de una fuente de tensión  $U_f = 28V$  que se conecta con un conjunto de calefactores eléctricos (que se conectan en paralelo y que se modelan mediante resistores  $R_n = 16\Omega$ ) con cables de resistencia  $R_c = 1\Omega$ .



- Suponer que se conecta un solo calefactor. Calcular la tensión con la que opera y la tensión que cae en los cables.

RESPUESTA:  $U_1 = 24,9V$ ;  $U_c = 1,55V$ ; positivo arriba o a la izquierda.

- La operación del circuito es adecuada si la tensión de cada calefactor se mantiene por encima del 60% de  $U_f$ . Calcular el número máximo de calefactores que se pueden conectar a la fuente para asegurar esta condición.

RESPUESTA: **Cantidad** = 5.



### EJERCICIO N° 10:

En el circuito de la figura, la fuente de tensión es variable y su valor se puede modificar.  
 $I_f = 6A$ ,  $R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 8\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 4\Omega$ .

a) Calcular la tensión que la fuente debería tener para lograr una corriente por  $I_3$  de 4A.

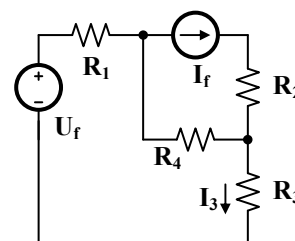
RESPUESTA:  $U_f = 48V$ .

b) Calcular la potencia de las fuentes con el valor de  $U_f$  calculado en el inciso a)

RESPUESTA:  $P_U = 192W$ ,  $P_I = 336W$ . Ambas entregan energía.

c) Si  $U_f$  es de 100V. ¿Qué valor debería tomar  $R_2$  para que la  $I_f$  no entregue energía?

RESPUESTA:  $R_2 = 6,4\Omega$ .



**Sugerencia:** Determinar qué variable debe ser nula para que una fuente de corriente no entregue energía.

### EJERCICIO N° 11:

En el circuito de la figura:  $U_f = 10V$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = 100\Omega$ ,  $U_c = \alpha \cdot I_{AB}$ ,  $\alpha = 25\Omega$ .

a) Calcular la corriente entre A y B.

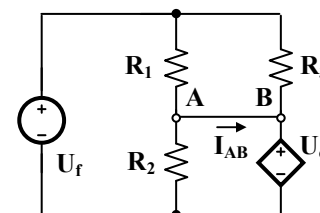
RESPUESTA:  $I_{AB} = 66,67mA$ . hacia la derecha.

b) Calcular la potencia en la fuente controlada.

RESPUESTA:  $P_{U_c} = 0,25W$ . recibe energía.

c) Si  $R_1$  se cortocircuita. ¿Cuánto vale la corriente en la fuente controlada?

RESPUESTA:  $I_c = 400mA$ . hacia la abajo.



### EJERCICIOS RESUELTOS

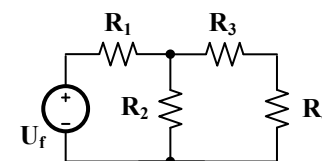
**Aclaración:** Debe observarse que en la resolución de estos ejercicios se efectúan planteos, explicaciones, justificaciones, y nada se da por sobreentendido.

### EJERCICIO N° 12:

En el circuito de la figura.  $U_f = 5V$ ;  $R_1 = R_3 = 1\Omega$ ,  $R_2 = R_4 = 2\Omega$ .

a) Resolver el siguiente circuito (calcular las tensiones y corrientes en todos sus elementos).

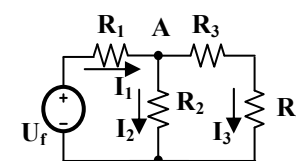
b) Repetir los cálculos si  $R_3$  es nula.



#### RESOLUCIÓN:

- a) Observando los dos ítems solicitados vemos que nos conviene resolver el circuito sin reemplazar los valores de los componentes y finalmente realizar el reemplazo.

Marcamos los nodos y las corrientes en cada rama, asignamos un sentido a las corrientes.



La primera ley de Kirchhoff en el nodo A:  $I_1 = I_2 + I_3$  (Ec 1)

Luego, a partir de las tensiones en los extremos de cada resistor se puede plantear las expresiones de las corrientes 1, 2 y 3.

**Nota:** Observar que el sentido de la corriente 1 es de izquierda a derecha; entonces el extremo izquierdo de  $R_1$  debe estar a mayor tensión que el extremo derecho. Luego, la tensión del extremo izquierdo está impuesta por la fuente  $U_f$ , mientras que la tensión del extremo derecho es igual a la tensión del nodo A, que a su vez es la tensión en  $R_2$  y es incógnita. Por lo tanto, la diferencia entre  $U_f$  y  $U_{R_2} = U_A$  es la tensión sobre  $R_1$ .

Aplicando ley de Ohm:  $I_1 = \frac{U_f - U_{R_2}}{R_1}$  (Ec 2)

El mismo razonamiento se puede aplicar a  $I_2$  e  $I_3$ :  $I_2 = \frac{U_{R_2}}{R_2}$  (Ec 3) ;  $I_3 = \frac{U_{R_2}}{R_3 + R_4}$  (Ec 4)

Reemplazando Ec 2, 3 y 4 en Ec 1:  $\frac{U_f - U_{R_2}}{R_1} = \frac{U_{R_2}}{R_2} + \frac{U_{R_2}}{R_3 + R_4}$  (Ec 5)



Despejando  $U_{R_2}$  queda:  $U_{R_2} = \frac{U_{f_1}}{R_1} \cdot \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3 + R_4} + \frac{1}{R_1}}$  (Ec 6)

Con  $U_{R_2}$  tenemos el circuito resuelto pues de Ec 2 3 y 4 sacamos  $I_1$   $I_2$  e  $I_3$

$$U_{R_3} = I_3 \cdot R_3, U_{R_4} = I_3 \cdot R_4, I_{f_1} = I_1, U_{R_1} = I_1 \cdot R_1$$

Con esto conocemos todas las tensiones y corrientes en el circuito.

Resolviendo numéricamente con los datos de a):  $U_{R_2} = \frac{30}{11} \text{ V}$   $I_1 = \frac{25}{11} = I_{f_1} \text{ A}$  ,  $I_2 = \frac{15}{11} \text{ A}$  ,  $I_3 = \frac{10}{11} \text{ A}$ ,

$$U_{R_3} = \frac{10}{11} \text{ V} , U_{R_4} = \frac{20}{11} \text{ V} , U_{R_1} = \frac{25}{11} \text{ V}$$

Resolviendo numéricamente con los datos de b):  $U_{R_2} = \frac{5}{2} \text{ V}$   $I_1 = \frac{5}{2} = I_{f_1} \text{ A}$  ,  $I_2 = \frac{5}{4} \text{ A}$  ,  $I_3 = \frac{5}{4} \text{ A}$  ,  $U_{R_3} = 0 \text{ V}$ ,

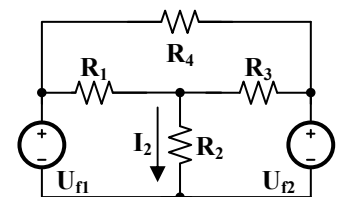
$$U_{R_4} = \frac{5}{4} \text{ V} , U_{R_1} = \frac{5}{2} \text{ V}.$$

b) Se puede observar que reemplazando por  $R_3 = 0$  se obtienen los nuevos valores de tensión y corriente del circuito. Como un buen ingeniero siempre verifica sus resultados, podemos observar que la tensión en  $r_2$  y  $r_4$  deberían ser iguales. Otra forma de verificar los resultados es obteniendo un circuito equivalente asociando elementos en serie y paralelo y calculando tensiones y corrientes.

### EJERCICIO N° 13:

En el circuito de la figura,  $R_1 = 10\Omega$ ,  $R_2 = 30\Omega$ ,  $R_3 = 5\Omega$ ,  $R_4 = 2\Omega$ ,  $U_{f_1} = 15\text{V}$ ,  $I_2 = 1\text{A}$ .

- Calcular el valor de tensión de la fuente  $U_{f_1}$ .
- Determinar si las fuentes están entregando energía o no. Justificar.
- Repetir los incisos suponiendo que se cortocircuita la resistencia  $R_1$ .



### RESOLUCIÓN:

a) Si se conoce la corriente en  $R_2$ , aplicando la Ley de Ohm:  $U_{R_2} = I_2 \cdot R_2 = 1\text{A} \cdot 30\Omega = 30\text{V}$

Aplicando la segunda Ley de Kirchhoff a la malla de  $R_2$ ,  $U_{f_2}$  y  $U_{R_2}$ :  $U_{R_3} = U_{f_2} - U_{R_2} = 15\text{V} - 30\text{V} = -15\text{V}$

Aplicando ley de Ohm en  $R_3$ :  $I_3 = \frac{U_{R_3}}{R_3} = \frac{-15\text{V}}{5\Omega} = -3\text{A}$

Aplicando primera ley de Kirchhoff en el nodo central:

$$I_1 = I_2 - I_3 = 1\text{A} - (-3\text{A}) = 4\text{A}$$

Aplicando la ley de Ohm en  $R_1$ :  $U_{R_1} = I_1 \cdot R_1 = 4\text{A} \cdot 10\Omega = 40\text{V}$

Aplicando la 2da ley de Kirchhoff a la malla  $U_{f_1}$ ,  $R_1$ ,  $R_3$  y  $U_{f_2}$  se puede determinar la tensión de  $U_{f_1}$ :

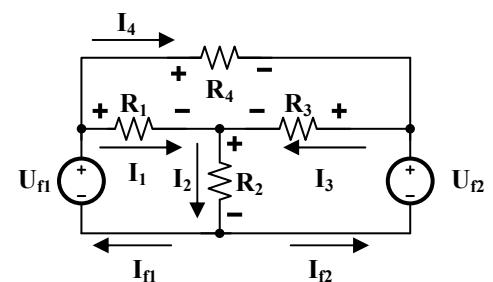
$$U_{f_1} - U_{R_1} + U_{R_3} - U_{f_2} = 0$$

$$U_{f_1} = U_{R_1} - U_{R_3} + U_{f_2} = 40\text{V} - (-15\text{V}) + 15\text{V} = 70\text{V}$$

- b) Para verificar si una fuente de tensión está entregando energía o no hay que calcular la corriente por ella habiendo elegido previamente un sentido de circulación arbitrario de acuerdo a la convención pasiva o activa elegida.

Para  $U_{f_1}$  se supone la corriente que se ve en el circuito:  $I_{f_1} = I_4 + I_1 = \frac{U_{f_1} - U_{f_2}}{R_4} + I_1 = \frac{70\text{V} - 15\text{V}}{2\Omega} + 4\text{A} = 31,5\text{A}$

El valor es distinto de 0 y positivo (sale por el borne positivo de la fuente), con lo cual se concluye que la fuente 1 está entregando energía.





Para  $U_{f2}$ :  $I_{f2} = I_3 - I_4 = -3A - 27,5A = -30,5A$

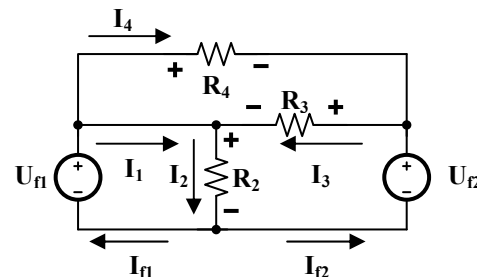
El signo negativo de la corriente indica que el sentido de la misma es opuesto al supuesto. El valor es distinto de 0 y negativo (la corriente entra al borne positivo de la fuente), con lo cual se concluye que la fuente 2 está recibiendo energía.

c) El circuito resultante es el siguiente:

Observar la utilidad de redibujar el circuito en las nuevas condiciones.

Uno puede estar tentado de volver a resolver todo pero se puede observar que simplemente aplicando la ley de Ohm se determina el valor de la fuente 1:

$$U_{f1} = I_2 \cdot R_2 = 1A \cdot 30\Omega = 30V$$



Siendo la fuente 2 de 15V, si recalculamos  $I_{f1}$  e  $I_{f2}$  con la nueva situación del circuito, verificaremos que la situación con respecto a la energía no ha cambiado.

## COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

En el desarrollo de este TAP han resultado importantes los siguientes aspectos:

1. **Observar** el circuito, reconocer sus componentes y topología (formato de conexión de los mismos, nodos, mallas).
2. Tener claros los conceptos de fuente de tensión y fuente de corriente.
3. Respetar la **nomenclatura** y **simbología** en el análisis de los circuitos y la asignación de las **unidades correctas** a los resultados.
4. **Indicar** en el circuito todas las **corrientes**, con sus sentidos supuestos, y todas las **tensiones**, con sus polaridades supuestas, y **determinar** cuáles son **datos** y cuáles **incógnitas**.
5. Verificar que los resultados de corrientes y tensiones pueden ser negativos indicando que en ese caso los sentidos y las polaridades reales son inversos u opuestos a los supuestos.
6. A partir de las **Leyes de Kirchhoff** y **de Ohm** plantear el **sistema de ecuaciones** que vinculan **datos** e **incógnitas**. Resolviendo este sistema se obtienen todas las incógnitas del circuito.
7. Verificar el **principio de conservación de la energía**, verificando que los elementos pasivos nunca entregan energía en estado permanente, y que los elementos activos pueden entregar o recibir la misma.
8. Tener en cuenta siempre que como consecuencia del principio de conservación de la energía, la suma de energías entregadas debe ser igual a la suma de energías recibidas.