

# **FUENTES DE ALIMENTACIÓN REGULADAS**

## **TRABAJO PRÁCTICO N° 1.2**

*Videos relacionados:*

*Primera parte: Fuentes de tensión de referencia:*

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLwKJrE8LSnfS4TkJf-tScuwA7qVoDtYdY>

*Segunda parte: Reguladores de tensión para alimentación:*

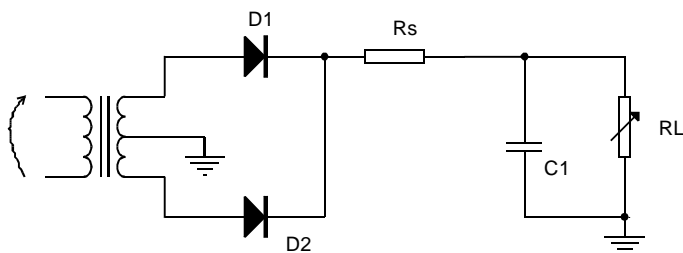
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLwKJrE8LSnfTWenZEqJeoVNEdBhtrrQkD>

**Capacidades de los estudiantes al terminar esta práctica:**

- **Reconocer los factores de mérito principales de una referencia de tensión.**
- **Evaluar mediante análisis circuital o técnicas de medida los factores de mérito de una fuente de tensión.**
- **Identificar la topología y los elementos que conforman un regulador de tensión como sistema realimentado en un circuito conocido.**
- **Aplicar criterios para la selección de los componentes comerciales que conforman un regulador de tensión teniendo en cuenta la información disponible en sus hojas de especificación.**
- **Interpretar las hojas de especificación y gestionar la incertidumbre de datos y la variabilidad de parámetros durante el proceso de diseño.**

### Trabajo previo sugerido:

- Análisis de trabajo de una fuente de tensión continua no regulada y con carga variable.
- ¿Qué tensión se ve a la salida si  $R_L$  se desconecta?
- ¿Qué sucede con la tensión de salida cuando aumenta la carga (cuando disminuye la  $R_L$ )?
- Si la carga es variable y es necesaria una tensión constante ¿es conveniente la utilización de este tipo de fuente?



### Problema 1. Fuente de tensión estabilizada de referencia con zener.

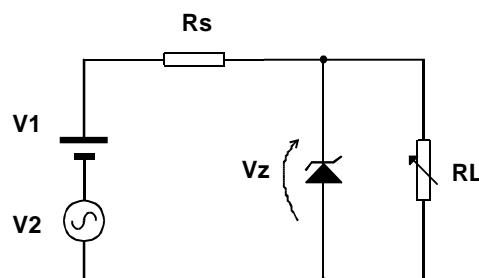
#### DATOS:

$$V_1 = 36 \text{ V}$$

$$V_2 = 2 \text{ Vpp}$$

$$R_s = 560 \text{ } \Omega$$

$$D_z = \text{MMSZ5237BT1}$$



- Plantear el modelo incremental del diodo zener y enunciar las condiciones en las cuales el modelo es válido.
- Enunciar los parámetros característicos principales del zener y extraer esos valores de la hoja de datos.
- Determinar los factores:  $F$ ,  $R_o$  y  $K_{To}$ .
- Calcular la tensión de salida y su variación respecto a las variaciones de la tensión de alimentación (zumbido).
- Calcular la potencia nominal disipada en el diodo con una  $R_L$  de 330 Ohm.
- ¿Cuál es la máxima corriente de salida útil?
- Obtener la condición de carga para la cual el diodo disipa la máxima potencia.
- Simular el circuito y verificar todo lo calculado anteriormente

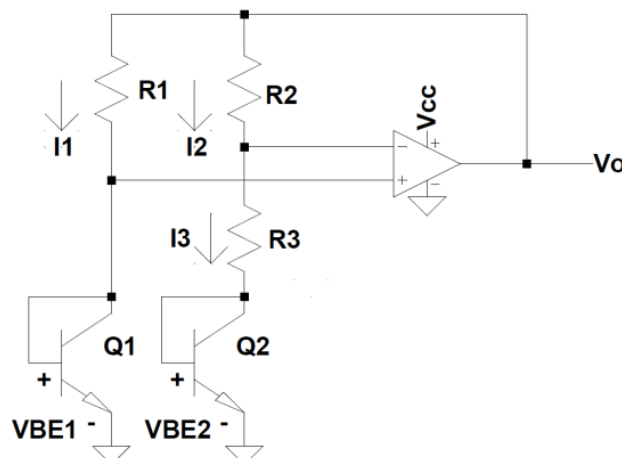
#### Cuestionario:

- Cuál es el valor más conveniente que puede tomar  $R_s$  frente a  $r_z$  ¿grande o pequeño?
- ¿Por qué? ¿Qué limitaciones supone?
- ¿Qué sucedería si  $R_s$  fuese muy pequeña y la carga se abriese ( $R_L$  tendiendo a infinito)?
- La existencia de  $r_z$  (zener no ideal) ¿Qué perturbación provoca a la salida?
- ¿Qué sucedería si se elevara la tensión de entrada  $V_1$ ?

### Problema 2: Fuente de tensión de referencia Band-gap

Para la siguiente fuente bandgap integrada:

- Encuentre la relación  $R2/R3$  que anula el  $KT(V_0)$ , considerando que el operacional es ideal y que  $Q2$  posee un área  $A2=2A1$ .
- Calcule la tensión de salida considerando  $T=298K$  y  $V_{BE}=0,65V$  a la misma temperatura.
- Sobre estos resultados considere un operacional LF353 el cual posee una corriente de polarización de  $50pA$  en ambas entradas y diseñe valores para  $R1$ ,  $R2$  y  $R3$ .



Constante de Boltzmann:  $k=1,38 \times 10^{-23} m^2 kgs^{-2} K^{-1}$

Carga del electrón:  $q=1,6 \times 10^{-19} C$

Sugerencia: puede usar como guía la resolución del circuito de Brokaw

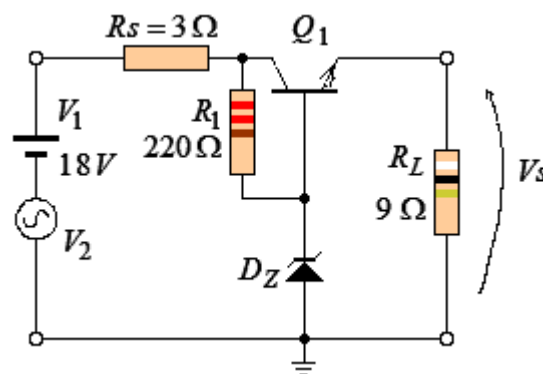
### Problema 3: Fuente de tensión estabilizada para alimentación

DATOS:

$V_2 \equiv r = 1,5\%$  ;  $D_Z = MMSZ5240BT1$

$Q_1$ :  $h_{fe} = 20$  ;  $h_{FE} = 40$  ;  $V_{be} = 1V$

- Estimar la tensión de salida  $V_s$ .
- Calcular  $F_o$  y  $K_{TO}$  del circuito.
- Estimar resistencia de salida de la fuente y calcular ripple de salida.
- Simular el circuito. ¿coinciden los cálculos con los resultados de simulación? ¿estaría Ud. en condiciones de armar este circuito?



Cuestionario:

- Comparar los datos obtenidos en ambas fuentes, la del problema 1 y la del problema 3, y ver las ventajas de una frente a la otra.
- En alguna de ellas ¿se tiene más margen de variación de carga?

### Problema 4: Fuente de tensión estabilizada de referencia con zener y corriente de polarización estable

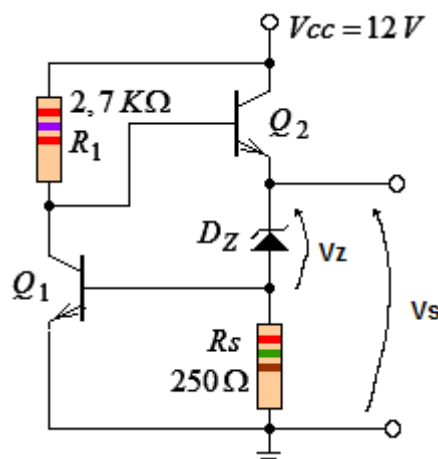
DATOS:

$I_{s_{máx}} = 100 mA$   $D_Z = MMSZ5232BT1$

$Q_1 = Q_2 = 2A237$

$h_{fe1} = h_{fe2} = 300$

$h_{ie1} = h_{ie2} = 4000\Omega$




- Calcular la tensión de salida.
- Determinar  $F_o$  y KTO. Expresarlos en partes por millón.

Cuestionario:

- ☐ ¿Qué tipo de realimentación se observa en la fuente de referencia anterior?
- ¿Qué ventajas tiene frente a una referencia de diodo zener?

### **Problema 5:** Fuente de tensión regulada para alimentación

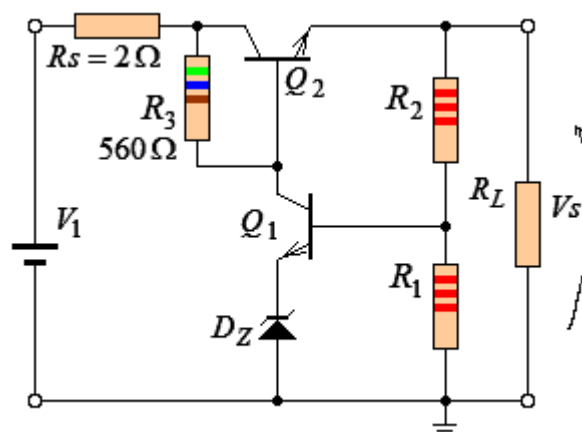
**DATOS:**

$V_1 = 20\text{ V}$  ;  $D_Z = \text{MMSZ5232BT1}$  

$Q_1 = \text{BC548}$    $Q_2 = \text{TIP41}$  

Corriente máx. de salida = 1.5 A

- Determinar si es un circuito realimentado. En tal caso: ¿Qué muestrea? ¿Qué compara? ¿Qué tipo de realimentación tiene?
- Estimar la tensión de salida  $V_s$ .
- Piense criterios para la selección de los valores de las resistencias del divisor de medida. Analice cómo repercute la tolerancia de las mismas en la tensión de salida. Especifique resistencia, tolerancia, nivel de potencia y coeficiente térmico.




- Analizar si el circuito continuaría regulando cuando la carga requiriera una corriente de 1,5 A ó si  $R_L$  se hace infinito.

### **Problema 6:** Fuente de tensión regulada para alimentación (alta corriente)

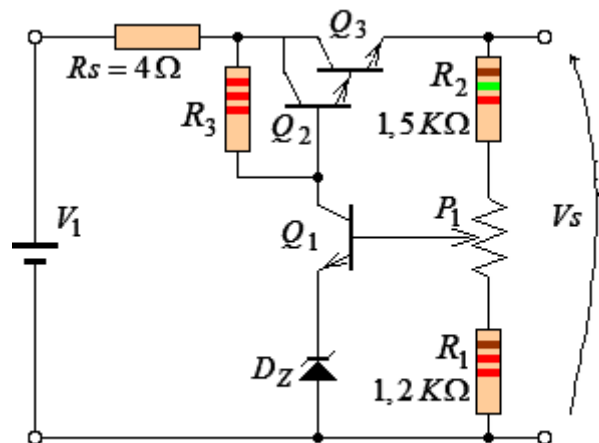
### DATOS:

$V_1 = 30V$  ; Corriente máx. de salida = 1A

$Q_1 = Q_2 = BC548$    $Q_3 = TIP41$  

$D_Z = MMSZ5228BT1$  

- Calcular el valor del potenciómetro P1 para poder obtener un rango de tensión de salida entre 7 y 20 V.
- Especificar la resistencia R3, potencia y tolerancia.
- ¿Cuál sería la potencia máxima disipada por el TIP 41 y en que situación se presenta?
- ¿En qué condición de carga tendremos la mayor disipación de potencia en el zener?



Cálculo de la resistencia de excitación de un transistor de paso de un regulador serie:

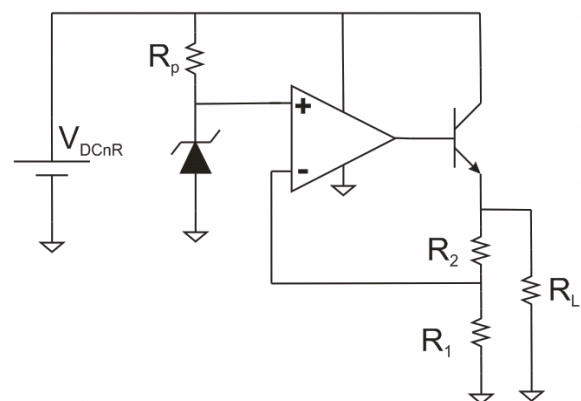
<https://youtu.be/MOQTHiWTzKI>

Formas de onda experimentales del regulador del video anterior:

<https://youtu.be/k9oizpaeWvw>

### Problema 7 Regulador de tensión serie con amplificador operacional y transistor de paso.

- Identifique los nodos de conexión en  $R_L$  y marque la tensión que cae en ella ( $V_o$ ) y la corriente ( $I_o$ ) que circula por la misma.
- ¿Cuál de las variables anteriores miden R2 y R1? ¿A qué se parece dicho conjunto? ¿a un voltímetro o a un amperímetro? Teniendo en cuenta su respuesta: ¿qué valor relativo a  $R_L$  debería tener la suma de R2 y R1?



- El diodo zener es un 1N4733. Elija Rp, R1 y R2 para que la tensión de salida sea 12V. Considere  $I_o = 300mA$ .
- Dibuje el esquema de un sistema realimentado genérico y diga qué elementos del circuito cumple la función correspondiente en el esquema en cuestión.
- $V_{DCnR}$  es la tensión (V) continua (dc) no regulada (nR) que alimenta al regulador y proviene de un rectificador doble onda con filtro a capacitor con un valor medio de 24V y un ripple pico a pico de 1V. En un diagrama temporal dibuje la tensión de entrada y la de salida del regulador.
- Calcule la potencia disipa el transistor. Sugerencia: use el gráfico de  $V_{DCnR}$  y  $V_o$  en función del tiempo y analice las potencias involucradas ¿cuál es el rendimiento  $\eta = P_{RL}/P_{VDCnR}$  del regulador?

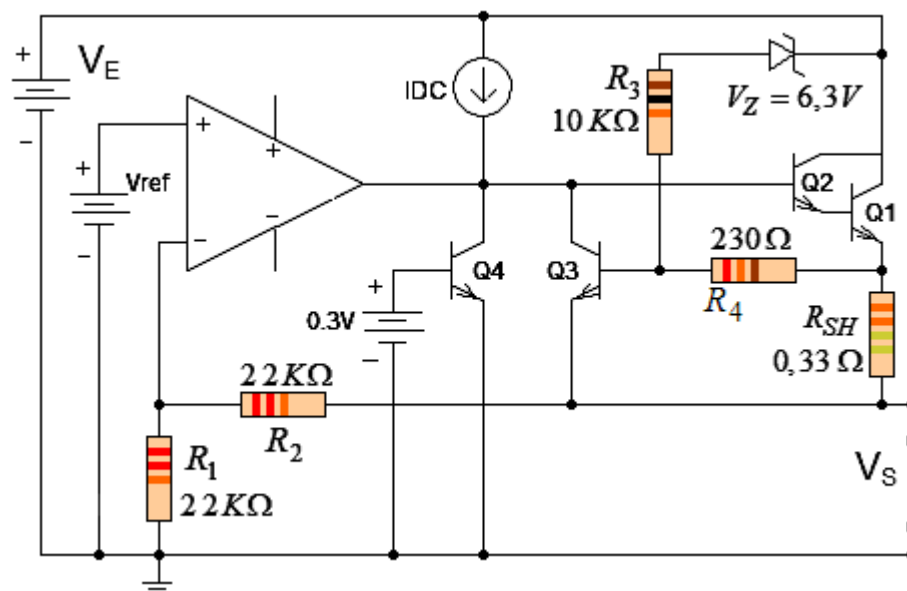
### Problema 8: Reguladores integrados

Los reguladores integrados poseen un esquema similar al de la figura e incorporan protecciones térmicas de máxima corriente y máxima disipación. Las condiciones de funcionamiento son:

- La base de  $Q_4$  está polarizada con una tensión de 0.30 V.
- En conducción la tensión  $V_{BE}$  de  $Q_4$  es 0.55 V a  $T = 75^\circ\text{C}$ .
- Cuando  $V_{BEO}$  de  $Q_3$  alcanza el valor de 0.45 V, limita la corriente de salida.
- La corriente de salida máxima es de 1.5 A.

a) ¿A qué temperatura del chip actuará la protección térmica?

b) Cuál será la máxima corriente útil para  $V_E - V_S = 6\text{ V}$  y para  $V_E - V_S = 9\text{ V}$ .



**Cuestionario:** ¿Cómo funciona una protección contra sobre corriente implementada con dos diodos?

### Problema 9: (opcional) Diseño de una referencia de tensión usando una referencia integrada

Googlee la hoja de datos del circuito integrado TL431B y diseñe una fuente de referencia de 5V.

a) ¿Qué valores comerciales usó para las resistencias de realimentación?

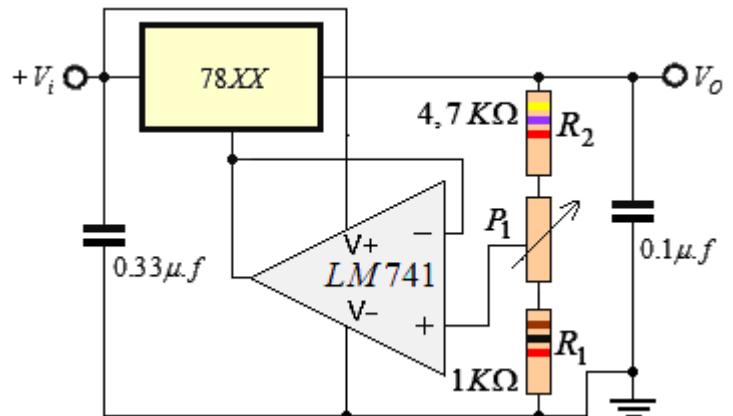
b) ¿Qué tolerancia asignó para dichas resistencias y por qué?

c) ¿Cuál es el factor de temperatura de la tensión de salida?

d) Calcule el error absoluto de la tensión de salida considerando el error del integrado y el de las resistencias

### Problema 10: (opcional) Reguladores integrados

- Investigue por qué es necesario colocar capacitores cerca de la entrada y de la salida de los reguladores integrados
- Calcular la variación de la tensión de salida para las posiciones límites del potenciómetro P1.
- ¿Cuál sería la potencia máxima disipada por el 78XX y en qué situación se presenta?
- ¿Por qué se necesita utilizar un amplificador operacional en esta configuración?

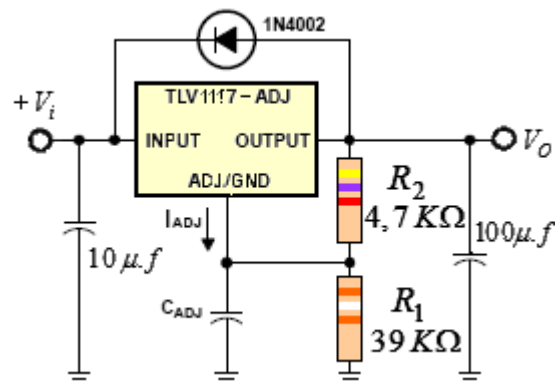


DATOS:  $V_i = 30V$      $78XX = 7805$

$$I_{S_{MAX}} = 0.5 A \quad P1 = 50K$$

### Problema 11: (Reguladores integrados)

- Calcular la tensión de salida  $V_o$ .
- ¿De qué orden es la corriente  $I_{ADJ}$ ?
- ¿Por qué no se necesita un amplificador operacional en esta configuración?
- ¿Qué tensión  $V_i$  mínima se necesita?



### Problema 12: Fuente de tensión ajustable limitada en corriente

Analizar el regulador de tensión y limitador de corriente de la figura 11:

DATOS:

$$Q_1 = TIP122 \quad \text{} \quad h_{fe_{min}} = 1000 \quad V_{be_{min}} = 1,2 V \quad V_{be_{máx}} = 2,5 V$$

$V_c = 18 V - 0.5 A$  (fuente no regulada de cc)

- Determinar el signo correspondiente a la entrada de los dos amplificadores operacionales.
- Explicar sintéticamente el principio de funcionamiento, aceptando que se cumplen las siguientes hipótesis de trabajo:
  - $R_1 + R_2 \gg R_5$  y  $R_1 + R_2 \gg R_c$
  - $T_1$  funciona siempre en zona activa.
- Identificar las topologías de los lazos de realimentación de tensión y de corriente.

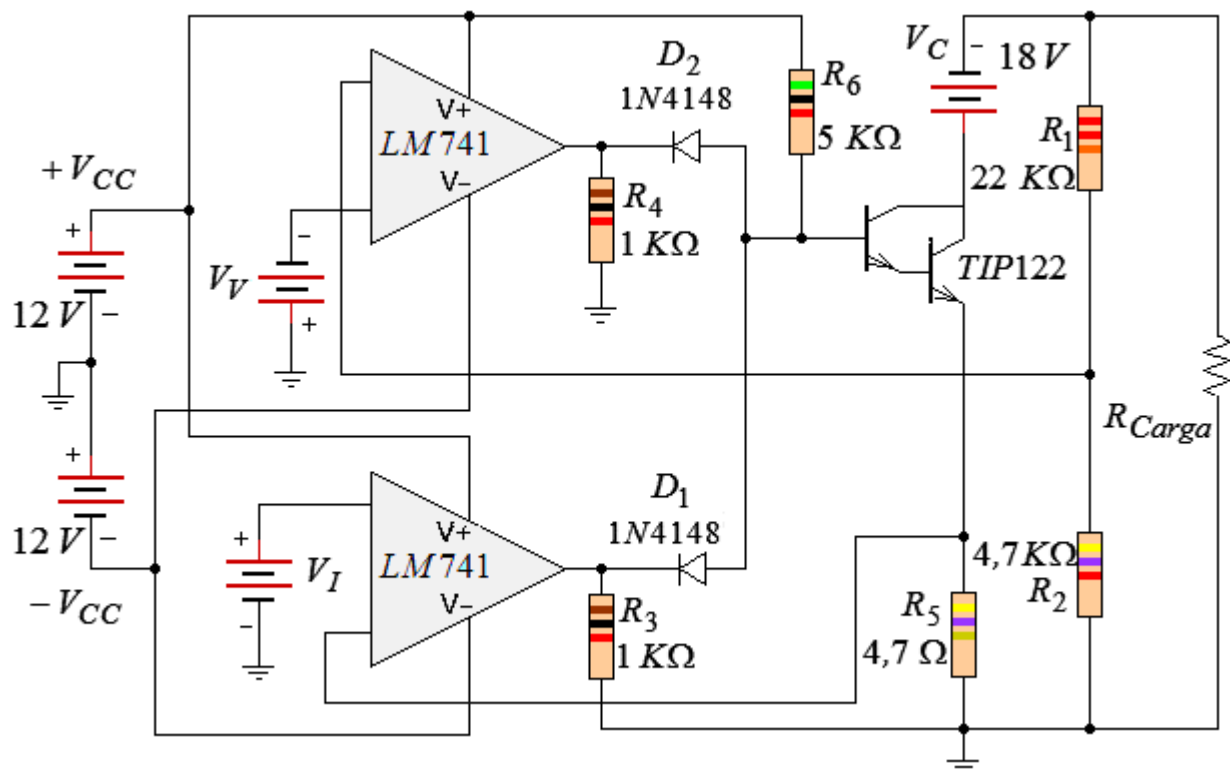


Figura 11

- Se desea que cuando regula como fuente de tensión, la tensión de salida sea de 10 V, y que cuando trabaja como fuente de corriente entregue 0.5 A. En tales casos, calcular para estos valores de tensión y de corriente, qué valores deben tener las correspondientes tensiones de referencia.
- Determinar el valor de resistencia de carga crítica  $R_{c_{crit}}$ , que produce el paso automático de fuente de tensión a fuente de corriente.
- Representar gráficamente la tensión de salida en función de la corriente de salida.
- Determinar los valores de:  $V_s$ ,  $I_s$ , y de  $V_2$  a  $V_6$ , para los siguientes valores de resistencia de carga:
  - $R_c = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $70 \Omega$ ,  $60 \Omega$ ,  $50 \Omega$ ,  $40 \Omega$ ,  $30 \Omega$ ,  $20 \Omega$  y  $10 \Omega$ .
- Dados los valores de  $V_2$  a  $V_6$  calculados en el punto anterior, determinar el valor y el sentido de las corrientes:  $I_s$ ,  $I_{R2}$ ,  $I_{R3}$ ,  $I_{R4}$ , e  $I_{R5}$ , cuando el circuito está cargado con el valor de resistencia de carga crítica ( $R_{c_{crit}}$ ).
- Determinar el rango de valores que puede tomar  $R_6$  para asegurar que el circuito conserve las características de regulador de tensión.
- Determinar la máxima potencia disipada por  $T_1$ . ¿Para qué valor de  $R_c$  se produce esa disipación de potencia?
- ¿Cuál será la máxima potencia entregada por la fuente, y para qué valor de  $R_c$  se dará esa situación?