

## XXVI OLIMPIADA NACIONAL DE FÍSICA

Culiacán, Sinaloa

8-12 Noviembre, 2015

## EXAMEN EXPERIMENTAL

## Luz de un LED y su efecto en una fotorresistencia

Un **LED** (Diodo Emisor de Luz o Light Emitting Diode, por sus siglas en inglés) es un dispositivo electrónico que emite luz debido al movimiento de los electrones en un material semiconductor. Podemos decir, de manera sencilla, que la intensidad de la luz del LED depende de la corriente eléctrica que fluye por él.

Una **fotorresistencia (FR)** también es un material semiconductor pero con una resistencia muy alta a la corriente eléctrica, tal que al absorber luz reduce drásticamente su resistencia. Podemos decir, también de manera sencilla, que la resistencia de la FR depende de la intensidad de la luz que recibe.

En este problema exploraremos la relación entre (a) la corriente que fluye por un LED, cambiando la intensidad de la luz que emite, y (b) la resistencia que adquiere una FR debida a la luz del LED.

En el equipo experimental que se le entregó encontrará dos “tablitas” marcadas con (A) y (B). La tablita (B) contiene un circuito electrónico, que se le explicará más abajo, con un LED y una FR, cubiertos por un tubito negro de plástico (llamado *thermofit*). El tubito es necesario para que la FR sólo absorba la luz del LED y no la del medio ambiente. Si lo desea puede quitar con cuidado el tubito para que observe el LED y la FR. **Una vez que los observe, coloque con cuidado el tubito de tal manera que tape tanto al LED como a la FR.** Vea la Figura 1 si no desea quitar el tubito.

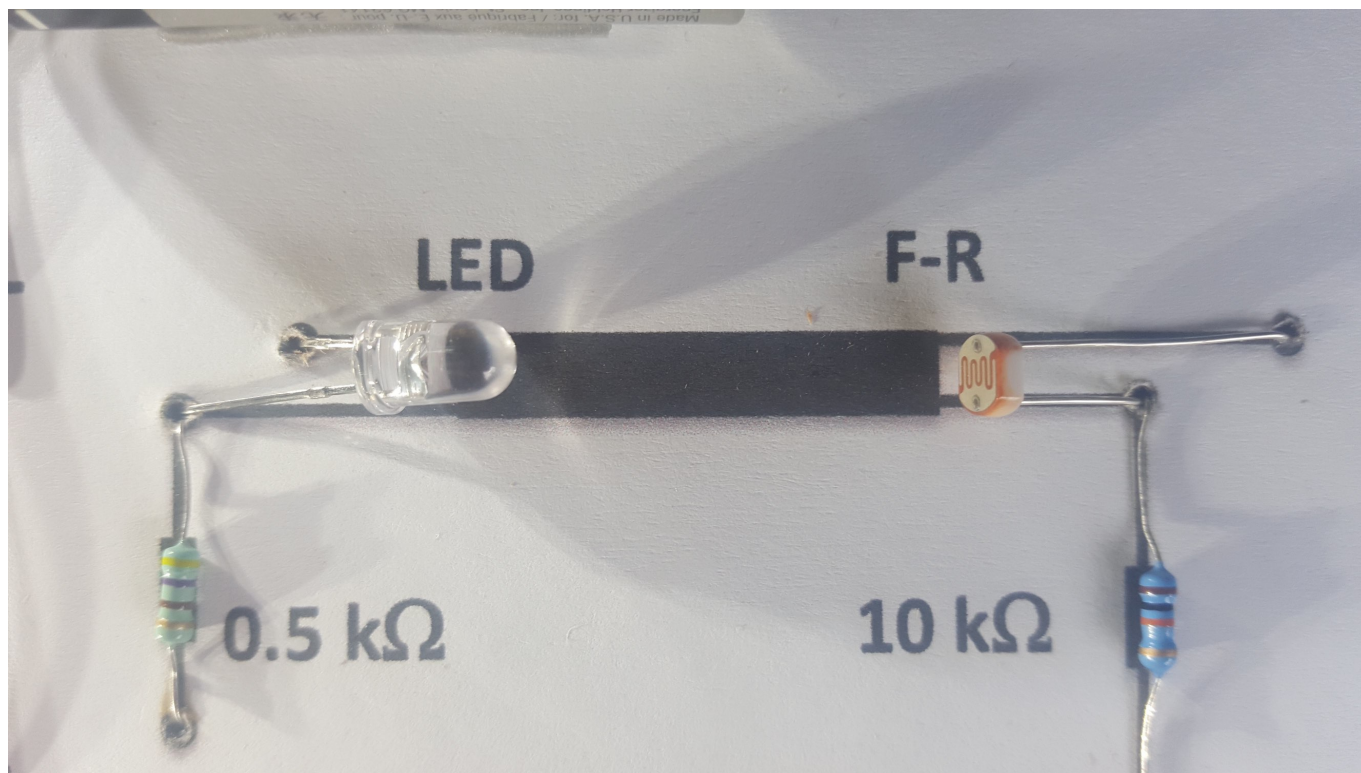


Figura 1: Se muestra el LED y la FR sin el tubito negro

El problema consiste de tres partes. En la primera estudiará los diferentes circuitos que puede formar con las tres resistencias de la tablita (A) y en la segunda y tercera partes, usará dichos circuitos para medir y determinar la relación entre la corriente que pasa por el LED y la resistencia del FR, debida a la luz del LED.

## Material:

- Un multímetro con cables (rojo y negro) con puntas metálicas (cubiertas) en uno de sus extremos. Vea la Figura 2 para la conexión de los cables al multímetro.
- Una tablita, marcada (A), con 3 resistencias. Cada extremo de las resistencias está conectado a una terminal de cobre para su fácil conexión y medición. Figura 3. **Puede doblar ligeramente las terminales hacia abajo para su mejor uso, como en la figura.**
- Una tablita, marcada (B), con un circuito electrónico, una batería de aproximadamente 9 Volts (V), un LED, una FR y dos resistencias. Figura 4.
- 8 cables con “caimanes”.
- Regla, escuadras, papel milimétrico, lápiz, goma, hojas en blanco.

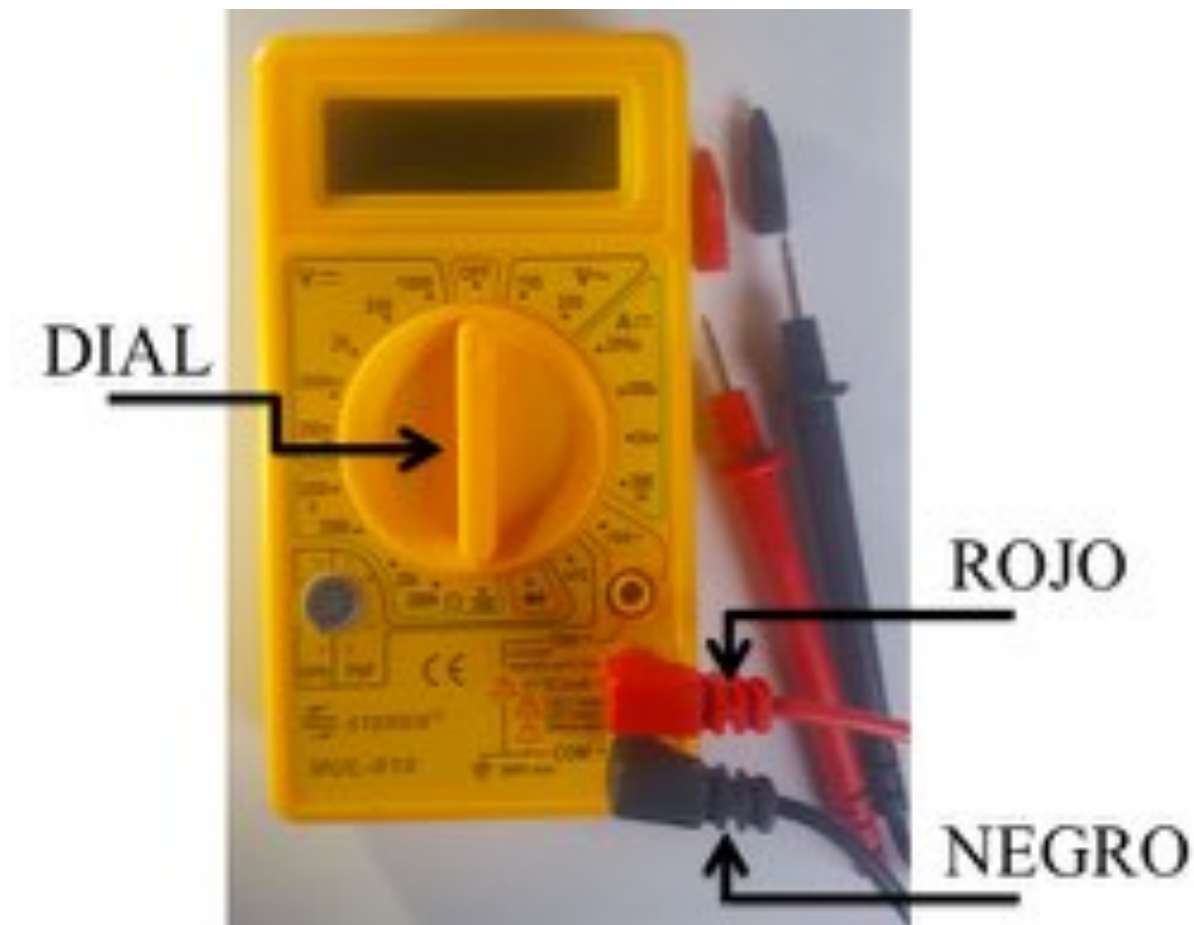


Figura 2: Multímetro. Conecte el cable negro en el contacto más bajo y el cable rojo en el siguiente hacia arriba. El dial o perilla le permite usar el multímetro como *voltímetro* (medidor de voltaje  $V$ ); *óhmetro* (medidor de resistencia  $R$ ); o *amperímetro* (medidor de corriente  $I$ ).

Para este examen, el multímetro sólo se usará como voltímetro y como óhmetro. No intente usarlo como amperímetro pues no hay garantía de que funcione correctamente como tal, debido a que el fusible del multímetro puede estar dañado.

## 1. Circuitos con resistencias. (6 puntos)

En esta parte el multímetro lo usará para medir resistencias solamente. Debido a que todas las resistencias que medirá estarán entre 0 y 50 k $\Omega$  (kilo-Ohms), coloque el dial en la zona de resistencia ( $\Omega$ ) ya sea en 20k o en 200k. Vea la Figura 3. Para medir la resistencia conecte el cable rojo del multímetro en un extremo de la resistencia y el cable negro en el otro. Use cables con caimanes para hacer un buen contacto eléctrico. Si el multímetro marca “1” quiere decir que está fuera de escala y que debe mover el dial a la siguiente escala superior.

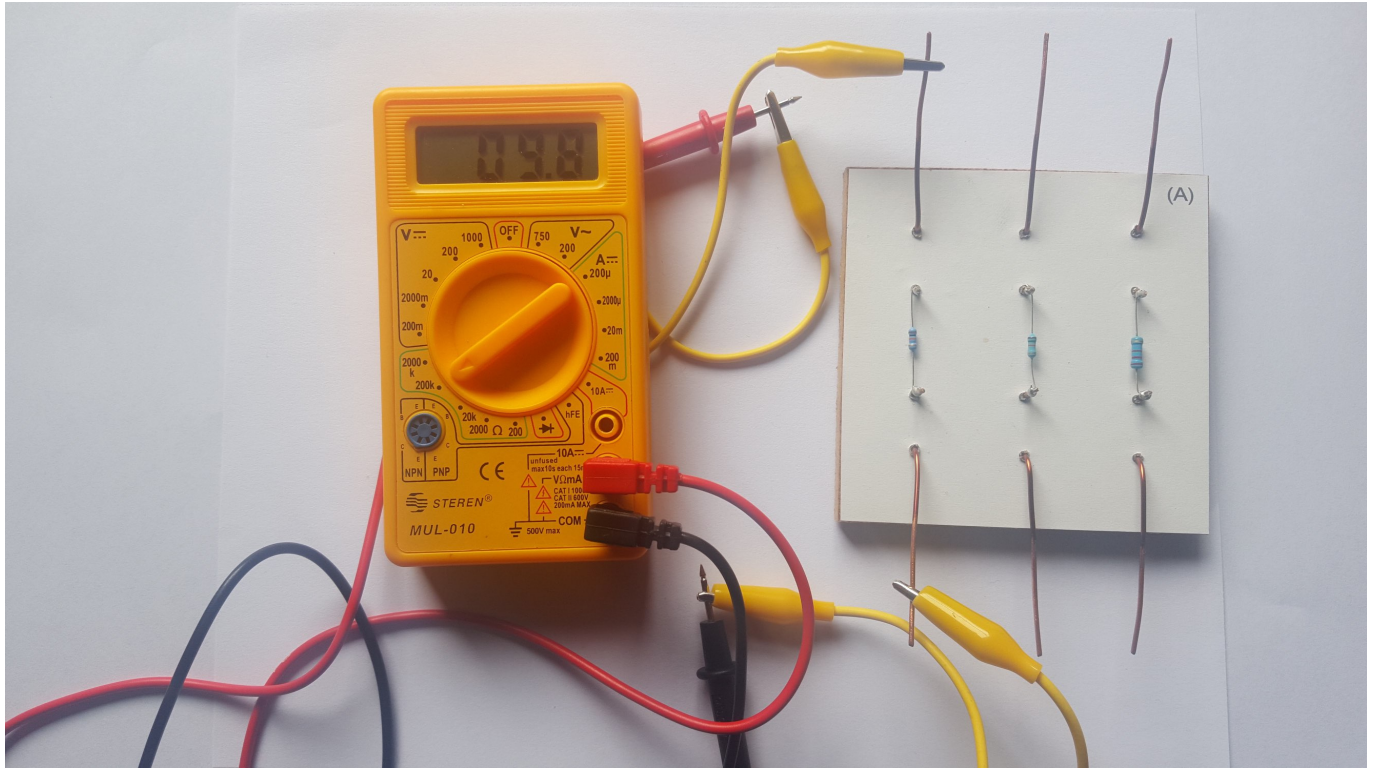


Figura 3: Tablita A con tres resistencias,  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , y con sus terminales para fácil conexión.

## Tareas

**1.1** Mida la resistencia de las 3 resistencias de la tablita (A) conectando los caimanes a las puntas de cobre, vea Figura 3. Llámelas  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , y escribálas. Nota: aunque usted conozca el código de colores de las resistencias, mídalas. (1 punto).

**1.2** Construya cuantos circuitos de resistencias pueda usando las tres resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , conectándolas con los cables con caimanes y mida la resistencia total  $R_C$  obtenida en cada circuito. Asegúrese de incluir el circuito con menor resistencia y el circuito con mayor resistencia. Haga un dibujo o diagrama por cada circuito, indicando las conexiones entre las resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ . Enumere sus circuitos y reporte la resistencia  $R_C$  de cada circuito usando la Tabla I. (5 puntos).



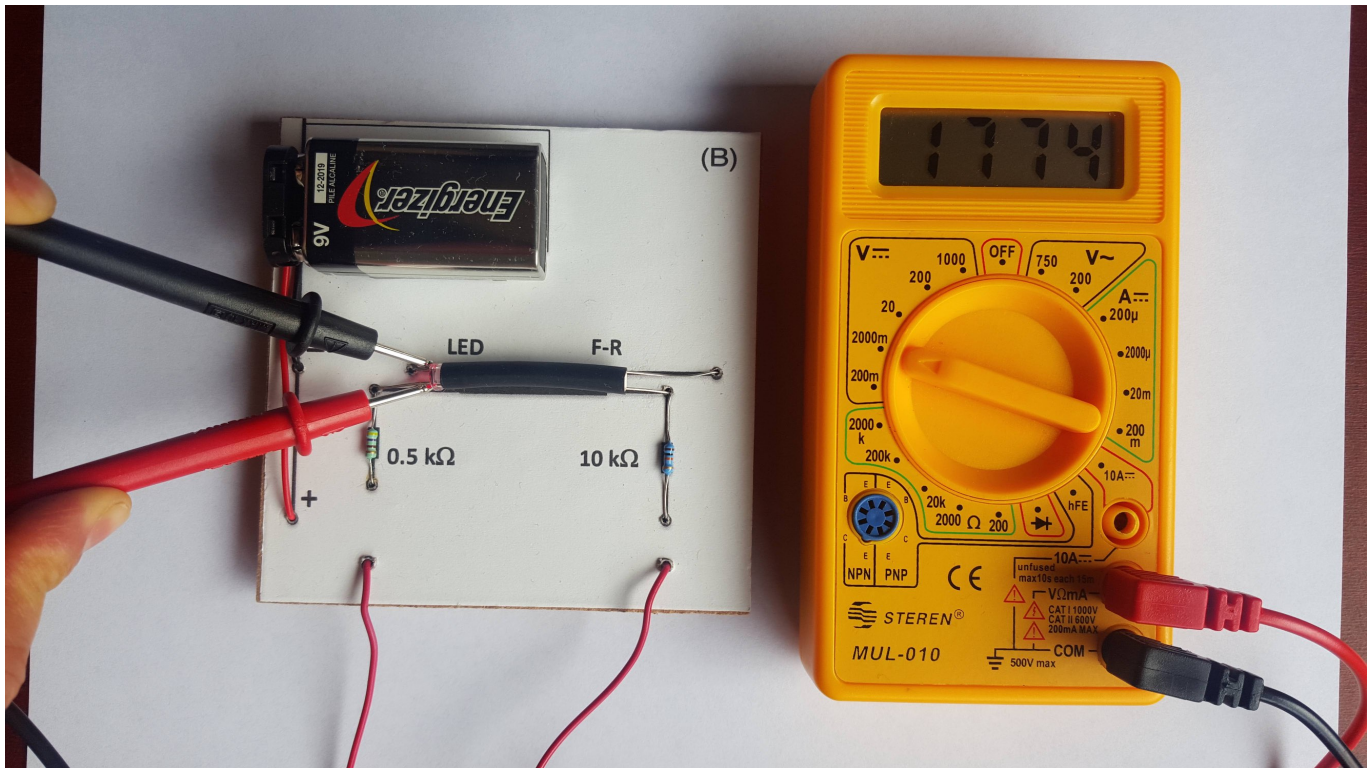


Figura 4: Medición de voltaje (V) en los dispositivos de la tablita B. Con el multímetro en 20 o 2000m en V, haga contacto entre la punta roja y un extremo (o “pata”) del dispositivo y entre la punta negra y el otro extremo del dispositivo. ¡La batería debe estar conectada!

## 2. Voltajes en el LED y la FR, como función de la resistencia en el LED. (7 puntos)

En esta parte usará tanto la tablita (A) como la (B) y realizará sólo mediciones de voltaje. Debido a que los voltajes que medirá son todos menores a 10 V, coloqué el dial del multímetro en la zona de voltaje (V) en el valor 20 o 2000m, vea la Figura 4. Note que 2000m quiere decir que el máximo es 2000 milivolts, es decir 2 V; note también que en este caso la lectura del multímetro también estará en milivolts.

Para medir el voltaje (V) en un dispositivo electrónico, coloque la punta roja en un extremo del dispositivo y la negra en el otro, vea la Figura 4. Si el valor aparece negativo, simplemente invierta la colocación de las puntas rojas y negras. Si lo desea, puede usar caimanos en las puntas, sin embargo, no es necesario usarlas si hace un buen contacto entre las puntas y lo que está midiendo.

Observe con detalle las conexiones en la tablita (B) y compárelas con las del diagrama de la Figura 5. Los cables negros son de corriente negativa y los rojos de positiva. Note que, aunque usamos una sola batería, en realidad son dos circuitos independientes, uno para el LED y otro para la FR. Es decir, usamos la misma batería como fuente de alimentación eléctrica para los dos circuitos. Note también que el circuito de la FR ya está “cerrado”, mientras que el del LED está “abierto”, marcado con “?” en la Figura 5.

**A partir de este momento, conecte la batería al broche.**

Ahora, junte los extremos de los cables delgados rojos que salen de la tablita (B) (identifíquelos en el diagrama) y observe que el LED se enciende emitiendo luz roja. Como observará más adelante, la intensidad de la luz depende de la corriente que pasa por el LED.

**Importante:** Las resistencias, la de  $0.5\text{ k}\Omega$  conectada al LED y la de  $10\text{ k}\Omega$  conectada a la FR, son para “protección” de los circuitos, sin embargo, deberá tomarlas en cuenta en su análisis de la parte 3.

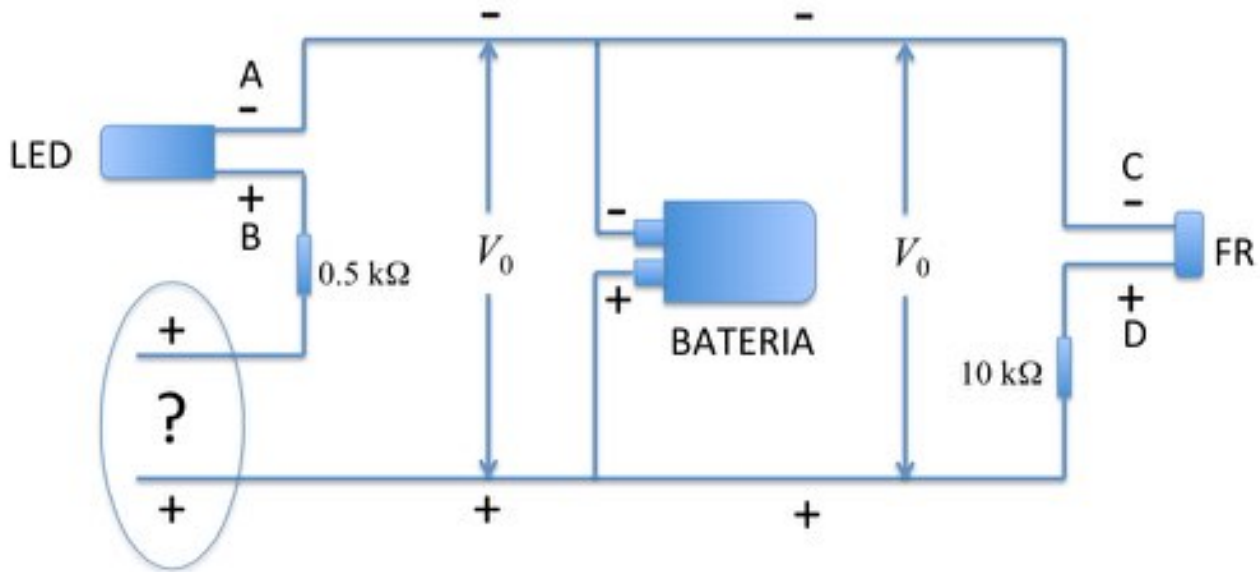


Figura 5: Diagrama de los circuitos del LED y de la FR. Note que son dos circuitos independientes, alimentados por la misma batería. El circuito de la FR está “cerrado”. El del LED está “abierto”. Para “cerrarlo” debe conectar alguna resistencia en “?”.

## Tareas

**II.1)** Mida el voltaje de la batería, llámelo  $V_0$ , y escríbalo. Se supone que la pila es de  $9\text{ V}$ , usted obtendrá un valor muy cercano. ¡No desprenda la batería de la tablita! (1.0 punto).

**II.2)** Usando los circuitos de resistencias estudiados en la Parte I, incluyendo los valores  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , varíe la corriente que pasa por el LED. En cada caso, mida el voltaje  $V_{\text{LED}}$  en el LED y el voltaje  $V_{\text{FR}}$  en la FR y reporte también la resistencia del circuito  $R_C$ . Use la Tabla II para reportar sus resultados. **NOTA: Si la medición del voltaje es mayor a  $2\text{ V}$ , ponga el dial del multímetro en 20. Si la medición del voltaje es menor a  $2\text{ V}$ , ponga el dial en  $2000\text{ m}$ .** (6 puntos).

Asegúrese de entender que dependiendo de la corriente que pase por el LED, este brillará mas o menos. Al mismo tiempo, dependiendo de la intensidad de la luz del LED, la resistencia de la FR será mayor o menor.

### 3. Determinación de la resistencia de la FR como función de la corriente en el LED. (7 puntos)

En la Parte anterior usted midió los voltajes en el LED y en la FR, variando la resistencia junto al LED. Ahora determinará la corriente  $I_{\text{LED}}$  en el LED y la resistencia  $R_{\text{FR}}$  de la FR y hallará la relación entre ellas.

#### Tareas

**III.1)** Muestre que la resistencia en la FR está dada por:

$$R_{\text{FR}} = \frac{V_{\text{FR}}}{V_0 - V_{\text{FR}}} R_{10} \quad (1)$$

donde  $R_{10} = 10 \text{ k}\Omega$  es la resistencia en serie con la FR, vea Figura 5. (0.5 puntos). **Si no la puede mostrar, continúe con el resto del problema.**

**III.2)** Muestre que la corriente en el LED está dado por:

$$I_{\text{LED}} = \frac{V_0 - V_{\text{LED}}}{R_C + R_{0,5}} \quad (2)$$

donde  $R_{0,5} = 0,5 \text{ k}\Omega$  es la resistencia en serie con el LED, vea Figura 5. (0.5 puntos). **Si no la puede mostrar, continúe con el resto del problema.**

**III.3)** En la Tabla II reporte los valores de  $I_{\text{LED}}$  y de  $R_{\text{FR}}$ , correspondientes a los valores obtenidos en la Parte II. (1.0 puntos).

**III.4)** Los datos  $I_{\text{LED}}$  y de  $R_{\text{FR}}$  de la Tabla II, sugieren que existe una relación entre  $R_{\text{FR}}$  y  $I_{\text{LED}}$  (aproximadamente) de la forma,

$$R_{\text{FR}} = A I_{\text{LED}}^P, \quad (3)$$

con  $A$  un coeficiente y  $P$  un exponente (negativo). Proponga un cambio de variables que linealice esta ecuación, es decir, transforme la ecuación (3) a la forma,

$$y = m x + b \quad (4)$$

Identifique  $y$ ,  $x$ ,  $m$  y  $b$ . Use la Tabla III para reportar los valores de  $x$  y  $y$ . Grafique  $y$  vs  $x$  y realice un análisis gráfico para obtener los valores del coeficiente  $A$  y del exponente  $P$  ... ¡Esta es la relación buscada! (5 puntos).

**Al terminar el examen, por favor desconecte la batería y coloque el dial del multímetro en OFF.**

**Tabla I**

De la Parte 1, realice circuitos con la tablita (A), usando cables con caimanes, y mida la resistencia  $R_c$  del circuito. Numere los circuitos y haga los correspondientes diagramas o dibujos indicando su número. Incluya los valores  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  en la Tabla.

Circuito	$R_C$

**Tabla II**

De la Parte 2, escriba el valor del voltaje de la batería:  $V_0 =$

De la Parte 2, reporte sus mediciones de los voltajes del LED,  $V_{\text{LED}}$  y los de la FR,  $V_{\text{FR}}$ . Indique la resistencia  $R_C$  del circuito que haya usado.

De la Parte 3, reporte los valores correspondientes de la corriente del LED  $I_{\text{LED}}$  y de la resistencia  $R_{\text{FR}}$ , vea las ecuaciones (1) y (2)

$R_C$	$V_{\text{LED}}$	$V_{\text{FR}}$	$I_{\text{LED}}$	$R_{\text{FR}}$



Tabla III

<i>x</i>	<i>y</i>