



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE FISICA

MANUAL DE LABORATORIO DE FÍSICA CUATRO

Ing. Walter Giovanni Alvarez Marroquin
Coordinador de Laboratorios de Física, 201 S-11.
Facultad de Ingeniería, USAC.

Índice general

1. Espectro de emisión.	3
1.1. Objetivos	3
1.1.1. General	3
1.1.2. Específicos	3
1.2. Marco Teórico	3
1.3. Diseño Experimental	3
1.3.1. Materiales	3
1.3.2. Magnitudes físicas a medir	4
1.3.3. Procedimiento	4
1.3.4. Diagrama del diseño experimental	4
2. Curva característica del Diodo	5
2.1. Objetivos	5
2.1.1. General	5
2.1.2. Específicos	5
2.2. Marco Teórico	5
2.2.1. Polarización directa	5
2.2.2. Polarización Inversa	5
2.2.3. Modelo de Shockley del diodo	6
2.3. Diseño Experimental	6
2.3.1. Materiales	6
2.3.2. Magnitudes físicas a medir	7
2.3.3. Procedimiento	7
2.3.4. Diagrama del diseño experimental	7
3. Constante de Plank	8
3.1. Objetivos	8
3.1.1. General	8
3.1.2. Específicos	8
3.2. Marco Teórico	8
3.3. Diseño Experimental	9
3.3.1. Materiales	9
3.3.2. Magnitudes físicas a medir	9
3.3.3. Procedimiento	9

3.3.4.	Diagrama del diseño experimental	10
4.	Fotones	11
4.1.	Objetivos	11
4.1.1.	General	11
4.1.2.	Específicos	11
4.2.	Marco Teórico	11
4.3.	Diseño Experimental	11
4.3.1.	Materiales	11
4.3.2.	Magnitudes físicas a medir	11
4.3.3.	Procedimiento	12
4.3.4.	Diagrama del diseño experimental	12
5.	Variación de la curva característica del Diodo al cambio de temperatura.	13
5.1.	Objetivos	13
5.1.1.	General	13
5.1.2.	Específicos	13
5.2.	Marco Teórico	13
5.3.	Diseño Experimental	14
5.3.1.	Materiales	14
5.3.2.	Magnitudes físicas a medir	14
5.3.3.	Procedimiento	14
5.3.4.	Diagrama del diseño experimental	15

1 | Espectro de emisión.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Determinar el tipo de gas a partir del espectro de emisión

1.1.2. Específicos

- Comparar el espectro de emisión para cada tubo de gas con los espectros ya conocidos.

1.2. Marco Teórico

Cuando un electrón en las capas de un átomo o de un ión pasa de un estado excitado con energía E_2 hacia un estado de energía más baja E_1 , se emite un fotón con la frecuencia:

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h} \quad (1.1)$$

donde h es la constante de Planck, en caso inverso el mismo fotón es absorbido. Como las energías E_1 y E_2 pueden tomar valores discretos, los fotones son emitidos o absorbidos sólo con frecuencias discretas. La totalidad de las frecuencias que se presentan se denomina espectro de un átomo. La posición de las líneas espectrales es característica para el elemento considerado.

Las líneas espectrales surgen de la transición electrónica de altos a bajos estados de energía en la nube atómica excitada. La longitud de onda de la luz emitida depende de esta diferencia energética:

$$\delta E = h * \nu = \frac{h * c}{\lambda} \quad (1.2)$$

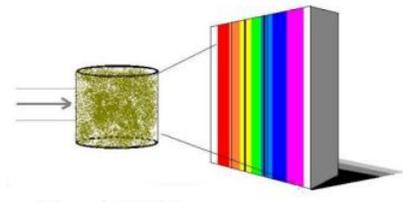


Figura 1.1: Espectro de absorción

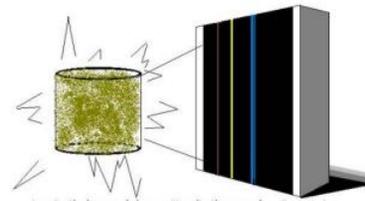


Figura 1.2: Espectro de emisión

1.3. Diseño Experimental

1.3.1. Materiales

- 3 tubos cada uno con diferente gas.
- Un espectrómetro
- Equipo para calentar el gas.
- Lámpara.
- Cámara fotográfica.

1.3.2. Magnitudes físicas a medir

- Longitud de onda de las bandas emitidas por cada tubo

1.3.3. Procedimiento

1. Verificar que se tengan los materiales solicitados para la práctica.
2. En el soporte que proporciona el arco eléctrico, colocar el tubo que contienen el gas para la práctica.
3. Colocar el espectrómetro alineado y nivelado con el tubo del gas para poder captar el espectro de emisión.
4. Medir la longitud de onda de las bandas emitidas por el tubo
5. Proceder a capturar por medio de la cámara fotográfica el espectro de emisión del gas.

1.3.4. Diagrama del diseño experimental

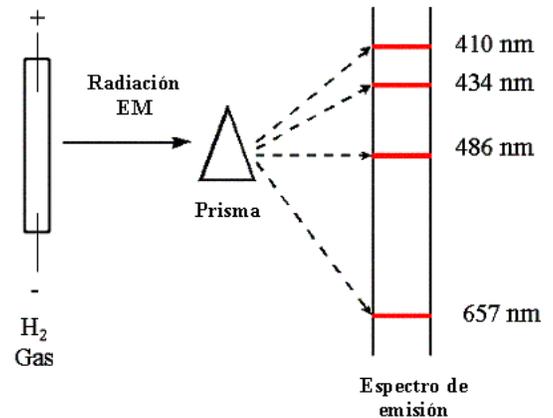


Figura 1.3: Esquema del sistema

2 | Curva característica del Diodo

2.1. Objetivos

2.1.1. General

- Determinar el factor de idealidad: n , de un diodo de Silicio y Germanio

2.1.2. Específicos

- Determinar la curva característica del diodo de Germanio
- Determinar la curva característica del diodo de Silicio

2.2. Marco Teórico

Los diodos constan de dos partes, una llamada N y la otra llamada P, separados por una juntura llamada barrera o unión. Esta barrera o unión es de 0.3 voltios en el diodo de germanio y de 0.6 voltios aproximadamente en el diodo de silicio.

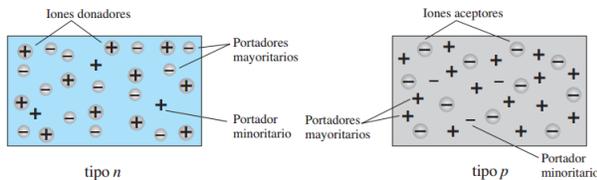


Figura 2.1: Portadores mayoritarios y minoritarios

2.2.1. Polarización directa

Para que un diodo esté polarizado directamente, se debe conectar el polo positivo de la batería al ánodo del diodo y el polo negativo al cátodo. El polo negativo de la batería repele los electrones libres del cristal n, con lo que estos electrones se dirigen hacia la unión p-n. El polo positivo de la batería atrae a los electrones de valencia del cristal p, esto es equivalente a decir que empuja a los huecos hacia la unión p-n. Cuando la diferencia de potencial entre los bornes de la batería es mayor que la diferencia de potencial en la zona de carga espacial, los electrones libres del cristal n, adquieren la energía suficiente para saltar a los huecos del cristal p, los cuales previamente se han desplazado hacia la unión p-n.

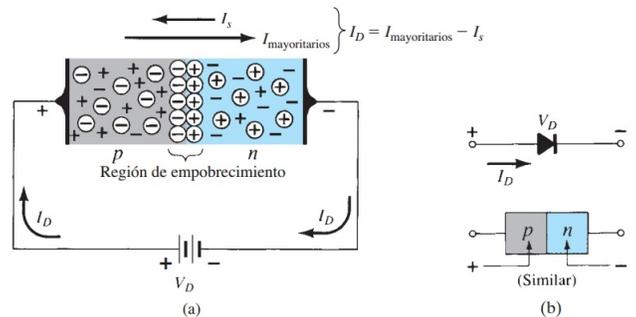


Figura 2.2: Polarización directa

2.2.2. Polarización Inversa

En este caso, el polo negativo de la batería se conecta a la zona p y el polo positivo a la zona n, lo que hace aumentar la zona de carga espacial, y la

tensión en dicha zona hasta que se alcanza el valor de la tensión de la batería. El polo positivo de la batería atrae a los electrones libres de la zona n, los cuales salen del cristal n y se introducen en el conductor dentro del cual se desplazan hasta llegar a la batería. A medida que los electrones libres abandonan la zona n, los átomos pentavalentes que antes eran neutros, al verse desprendidos de su electrón en el orbital de conducción, adquieren estabilidad y una carga eléctrica neta de +1, con lo que se convierten en iones positivos.

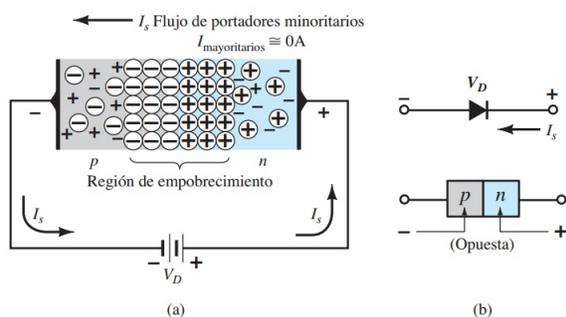


Figura 2.3: Polarización inversa

2.2.3. Modelo de Shockley del diodo

El modelo matemático más empleado en el estudio del diodo es el de Shockley (en honor a William Bradford Shockley) que permite aproximar el comportamiento del diodo en la mayoría de las aplicaciones. La ecuación que liga la intensidad de corriente y la diferencia de potencial es:

$$I = I_s \left(e^{\frac{qV_d}{nkT}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

Donde:

- I es la intensidad de la corriente que atraviesa el diodo.
- V_d la diferencia de tensión entre sus extremos.
- I_s es la corriente de saturación. (10 pA).
- q es la carga del electrón.

- T es la temperatura absoluta de la unión.
- k es la constante de Boltzmann.
- n es el factor de idealidad, que esta en función del proceso de fabricación del diodo.

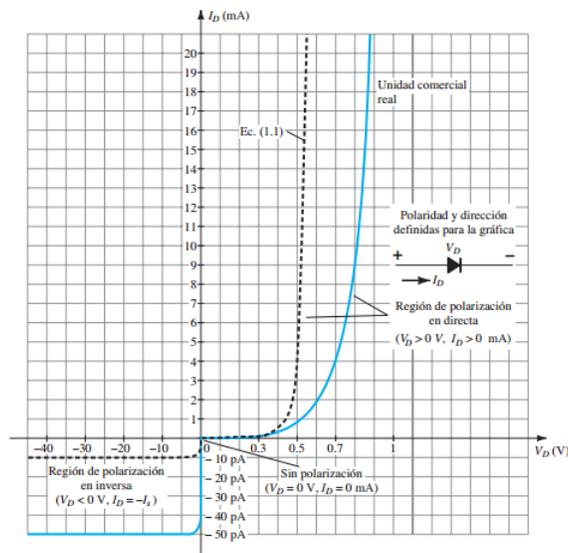


Figura 2.4: Curva característica del Diodo Semiconductor

2.3. Diseño Experimental

2.3.1. Materiales

- Fuente DC.
- 1 Diodo de Silicio (1N4004).
- 1 Diodo de Germanio.
- Potenciómetro de 10 KΩ.
- Protoboard.
- Cables para protoboard.
- 2 Multímetros.

2.3.2. Magnitudes físicas a medir

- Voltaje en el Diodo
- Corriente en el Diodo

2.3.3. Procedimiento

1. Verificar que se tengan los materiales solicitados para la práctica.
2. Armar el Circuito como se muestra en la Figura 2.5
3. Encienda la fuente.
4. Variando el potenciómetro tome medidas de voltaje y corriente antes del voltaje de operación del diodo y después de este (0.7 Si y 0.3 Ge).
5. Repita el procedimiento reemplazando el diodo con un diodo de Germanio.

2.3.4. Diagrama del diseño experimental

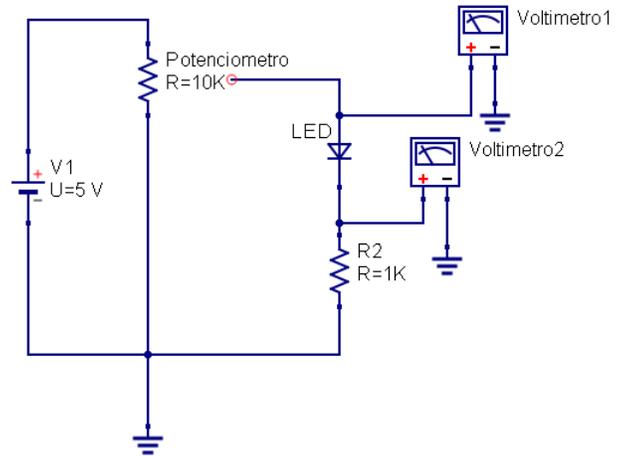


Figura 2.5: Esquema del sistema

3 | Constante de Plank

3.1. Objetivos

3.1.1. General

- Determinar la constante de Plank h

3.1.2. Específicos

- Registrar la relación voltaje-corriente característica de un LED
- Determinar el voltaje de encendido de un LED

3.2. Marco Teórico

Alrededor de 1900 Planck desarrolló el concepto de una unidad fundamental de energía, un cuanto, para explicar la distribución espectral de la radiación del cuerpo negro. A fin de explicar la radiación de cuerpo negro, Planck propuso que los átomos absorben y emiten radiación en cantidades discretas dadas por:

$$E = nhf \tag{3.1}$$

donde:

- n es un entero conocido como numero cuántico
- f es la frecuencia de vibración de la molécula, y
- h es una constante, constante de Planck

Planck llamó a estas unidades discretas de energía como *cuántos*. La cantidad de energía discreta más pequeña radiada o absorbida por un sistema se da a partir de un cambio en el estado mediante el cual el número cuántico, n , cambia en el sistema por uno.

Robert Millikan fue el primero en medir la constante de Planck en 1916. El mejor valor para la constante es de $6.62607554 \times 10^{-34} J - s$.

Para medir la constante de Planck, se usara la luz emitida por LEDs (light emitting diodes). Como su nombre lo implica, el diodo emisor de luz es un diodo que emite luz visible o invisible (infrarroja) cuando se energiza. En cualquier unión p-n polarizada en directa se da, dentro de la estructura y principalmente cerca de la unión, una recombinación de huecos y electrones. Esta recombinación requiere que la energía procesada por los electrones libres se transforme en otro estado. En todas las uniones p-n semiconductoras una parte de esta energía se libera en forma de calor y otra en forma de fotones.

La respuesta del ojo humano promedio se da en la figura 3.1. Se extiende desde aproximadamente 350 nm hasta 800 nm con un valor pico cercano a 550 nm. Es interesante señalar que la respuesta pico (máxima) del ojo es al color verde, con el rojo y el azul en los extremos inferiores de la curva acampanada. La curva revela que un LED rojo o azul deben ser mucho más eficientes que uno verde para que sean visibles con la misma intensidad. En otras palabras, el ojo es más sensible al color verde que a otros colores. Tenga en cuenta que las longitudes de onda mostradas corresponden a la respuesta pico de cada color. Todos los colores indicados en la gráfica tienen una respuesta en forma de curva acampanada, por lo que el verde, por ejemplo, sigue siendo visible a 600 nm, pero con menor nivel de intensidad.

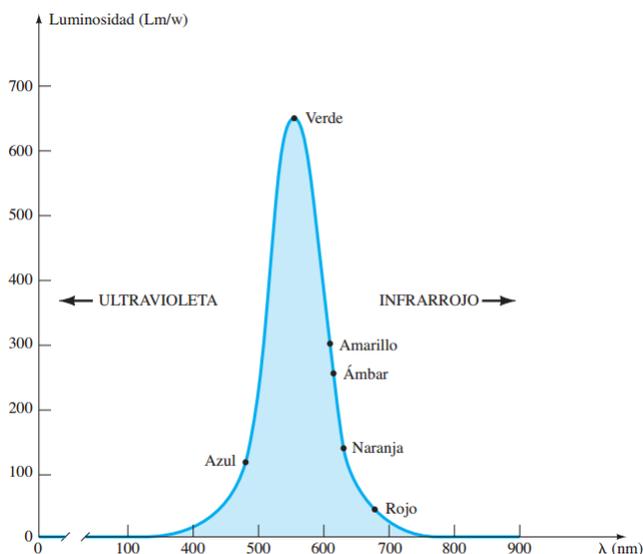


Figura 3.1: Curva de respuesta estándar del ojo humano

El diodo de GaAs con su brecha de energía más alta de 1.43 eV es adecuado para radiación electromagnética de luz visible, en tanto que el Si con 1.1 eV disipa calor durante la recombinación. El efecto de esta diferencia en las brechas de energía se puede explicar hasta cierto grado teniendo en cuenta que mover un electrón de un nivel de energía discreto a otro requiere una cantidad específica de energía. La cantidad de energía implicada está dada por:

$$E = hf \quad (3.2)$$

La mínima energía necesaria para para crear un par electrón-hueco, es numéricamente igual al voltaje de encendido del LED. La relación entre la máxima longitud de onda y el voltaje de encendido, V_0 , es

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = eV_0 \quad (3.3)$$

Donde:

- f es la frecuencia de los fotones emitidos
- c es la velocidad de la luz
- e es la carga del electrón
- h es la constante de Planck

3.3. Diseño Experimental

3.3.1. Materiales

- Fuente de alimentación DC.
- Potenciómetro de 10 K Ω .
- Resistencia de 1 K Ω .
- LED RGB.
- LED infrarrojo.
- Multímetros.
- Cables banana-lagarto.
- Protoboard.

3.3.2. Magnitudes físicas a medir

- Voltaje en el Diodo LED
- Corriente en el Diodo LED

3.3.3. Procedimiento

1. Verificar que se tengan los materiales solicitados para la práctica.
2. Armar el Circuito como se muestra en la figura 3.2.
3. Encienda la fuente.
4. Varié el potenciómetro y tome las medidas de voltaje presentes en la lectura del multímetro.
5. Con los valores de los multímetros calcular el Voltaje en el LED y Corriente en el LED.
6. Repita el procedimiento para cada LED (RGB e IR).
7. Apague la fuente.
8. Registrar la relación voltaje-corriente característica de cada LED (REG e IR) y estimar el Voltaje de encendido V_0 .
9. Registrar la relación V_0 vrs. $1/\lambda$ y estimar la pendiente hc/e .
10. Estimar el valor de la constante de Planck.

3.3.4. Diagrama del diseño experimental

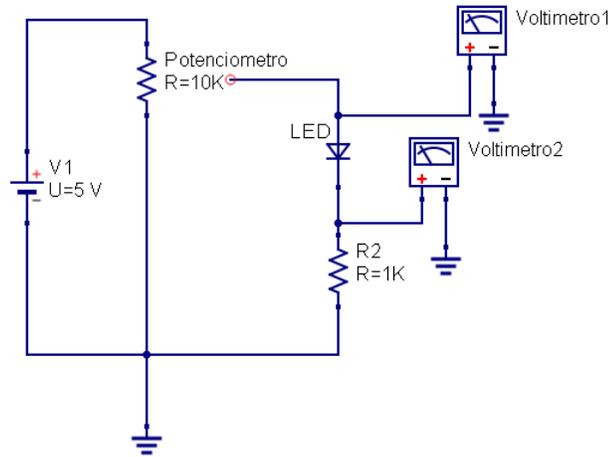


Figura 3.2: Esquema del sistema

4 | Fotonos

4.1. Objetivos

4.1.1. General

- Determinar el flujo de Fotonos emitidos por un LED.

4.1.2. Especificos

- Determinar la potencia media del diodo LED.
- Determinar la longitud de onda

4.2. Marco Teórico

Partiendo del principio de conservación de la energía:

$$E_o = E_f \quad (4.1)$$

y la velocidad inicial de un electro en reposo es $v_o = 0$, entonces,

$$U_e = nh\nu \quad (4.2)$$

donde $\nu = \frac{c}{\lambda}$, substituyendo ν y derivando la ecuación respecto del tiempo:

$$\frac{d}{dt} \left(U_e = \frac{nhc}{\lambda} \right) \quad (4.3)$$

Como el potencial U_e es igual a Vq y h , c y λ son constantes conocidas:

$$V \frac{dq}{dt} = \frac{hc}{\lambda} * \left(\frac{dn}{dt} \right) \quad (4.4)$$

Donde $\frac{dn}{dt}$ es el flujo de fotonos al que denotaremos como φ y $\frac{dq}{dt}$ es la corriente I . Despejando φ :

$$\varphi = \frac{V_d I_d \lambda}{hc} \quad (4.5)$$

Color	Material	Voltaje típico [V]
Rojo	GaAsP	1.8
Verde	GaP	2.2
Azul	GaN	5.0

Tabla 4.1: Diodos emisores de Luz

4.3. Diseño Experimental

4.3.1. Materiales

- Fuente de alimentación DC.
- Potenciómetro de 10 K Ω .
- Resistencia de 1 K Ω .
- LED RGB.
- LED infrarrojo.
- Multímetros.
- Cables banana-lagarto.
- Protoboard.

4.3.2. Magnitudes físicas a medir

- Voltaje en el Diodo LED
- Corriente en el Diodo LED

4.3.3. Procedimiento

1. Verificar que se tengan los materiales solicitados para la práctica.
2. Armar el Circuito como se muestra en la figura 4.1.
3. Encienda la fuente.
4. Varié el potenciómetro hasta que el multímetro muestre el voltaje típico para cada LED (RGB) Tabla 4.1.
5. Con los valores de los multímetros calcular el Voltaje en el LED y Corriente en el LED.
6. Repita el procedimiento para cada LED (RGB).
7. Apague la fuente.

4.3.4. Diagrama del diseño experimental

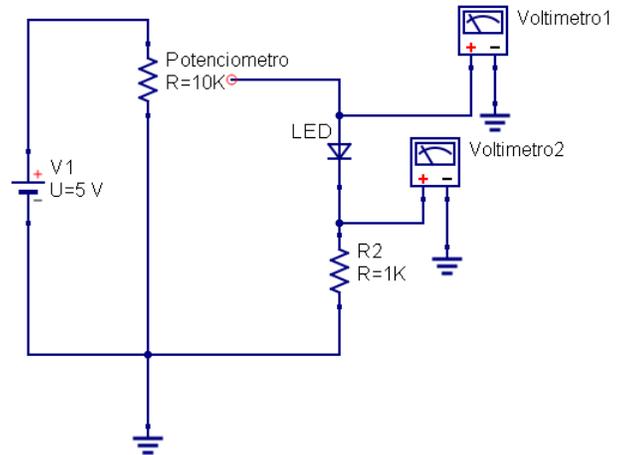


Figura 4.1: Esquema del sistema

5 | Variación de la curva característica del Diodo al cambio de temperatura.

5.1. Objetivos

- Determinar el voltaje de encendido de un LED

5.1.1. General

- Determinar la temperatura ambiente.

5.1.2. Específicos

- Registrar la relación voltaje-corriente característica de un LED

5.2. Marco Teórico

La temperatura puede tener un marcado efecto en las características de un diodo semiconductor como lo demuestran las características de un diodo de silicio mostradas en la figura:

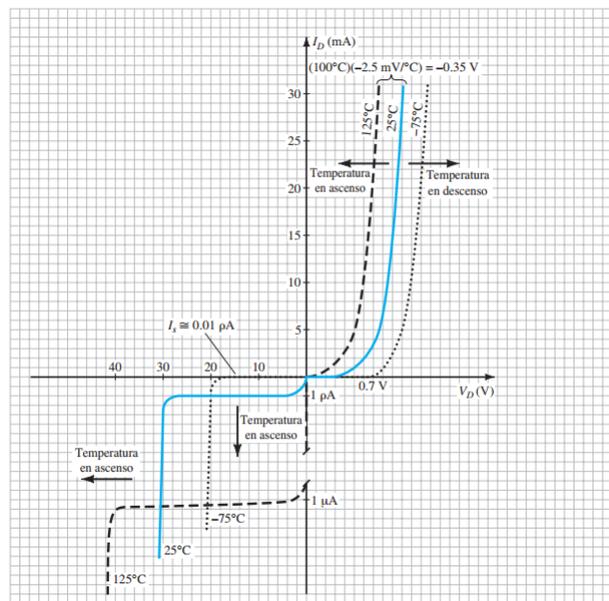


Figura 5.1: Esquema del sistema

En la región de polarización en directa las características de un diodo de silicio se desplazan a la izquierda a razón de 2.5 mV por grado centígrado de incremento de temperatura.

Es importante señalar, de acuerdo a la figura 5.1 que:

El voltaje de saturación en inversa de un diodo semiconductor se incrementará o reducirá con la temperatura según el potencial Zener.

El modelo matemático más empleado en el estudio del diodo es el de Shockley (en honor a William Bradford Shockley) que permite aproximar el comportamiento del diodo en la mayoría de las aplicaciones. La ecuación que liga la intensidad de corriente y la diferencia de potencial es:

$$I = I_s \left(e^{\frac{qV_d}{nkT}} - 1 \right) \quad (5.1)$$

Donde:

- I es la intensidad de la corriente que atraviesa el diodo.
- V_d la diferencia de tensión entre sus extremos.
- I_s es la corriente de saturación. (10 pA).
- q es la carga del electrón.
- T es la temperatura absoluta de la unión.
- k es la constante de Boltzmann.
- n es el factor de idealidad, que esta en función del proceso de fabricación del diodo.

5.3. Diseño Experimental

5.3.1. Materiales

- 1 Fuente de alimentación DC.
- 1 Potenciómetro de 10 K Ω .
- 1 Resistencia de 1 K Ω .
- 1 Diodo de Silicio (1N4004).
- 2 Multímetros.

- Cables banana-lagarto.
- 2 soportes universales
- 1 estufa eléctrica de 220V
- 1 termómetro industrial

5.3.2. Magnitudes físicas a medir

- Voltaje en el Diodo LED
- Corriente en el Diodo LED

5.3.3. Procedimiento

1. Verificar que se tengan los materiales solicitados para la práctica.
2. Seguir las instrucciones del Auxiliar de Laboratorio para ensamblar los soportes universales, termómetro y estufa eléctrica.
3. Armar el Circuito como se muestra en la figura 5.2.
4. Encienda la fuente.
5. Variando el potenciómetro tome medidas de voltaje y corriente antes del voltaje de operación del diodo y después de este (0.7 Si).
6. Con los valores de los multímetros calcular el Voltaje en el diodo y Corriente en el diodo.
7. Registrar la relación voltaje-corriente característica del diodo de Silicio y estimar la Temperatura de la Unión usando la ecuación 5.1.
8. Apague la fuente.

5.3.4. Diagrama del diseño experimental

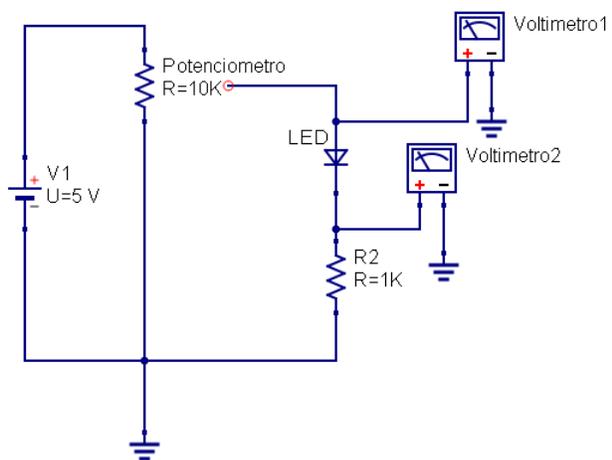


Figura 5.2: Esquema del sistema