

PRACTICA #4: CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS DE UN CIRCUITO

OBJETIVOS

1. Familiarización con el montaje de circuitos eléctricos
2. Medir la característica I vs V correspondiente a elementos óhmicos y no óhmicos

TEORIA

Resistencias, diodos, condensadores transistores son elementos frecuentemente presentes en circuitos eléctricos. El papel que desempeña cada uno depende de la respuesta cuando a través de ellos se establece una diferencia de potencial. Por ejemplo, la respuesta de una resistencia óhmica es el flujo de una corriente eléctrica que resulta ser directamente proporcional a la diferencia de potencial entre sus extremos. Este hecho da lugar a que las resistencias se usen en circuitos como limitadores de corriente.

Cuando se quiere conocer el desempeño de un elemento en de un circuito, se elabora a partir de datos experimentales un grafico de corriente I en función de la diferencia de potencial V . A este procedimiento se le denomina **caracterización del elemento**. En cada caso la curva característica de I vs V se explica según un modelo teórico.

Característica I - V de una resistencia óhmica

La respuesta a la aplicación de una diferencia de voltaje a una óhmica, se explica usando el modelo clásico de conducción. En este caso los electrones se mueven bajo la acción de un campo eléctrico externo E , el cual da lugar a un flujo de corriente cuya densidad J está dada por la relación:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Donde σ es la conductividad eléctrica, propia del material. La relación anterior indica que para un material dado, la relación $J/E = \sigma$ es una constante (ley de Ohm a nivel microscópico).

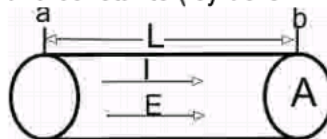
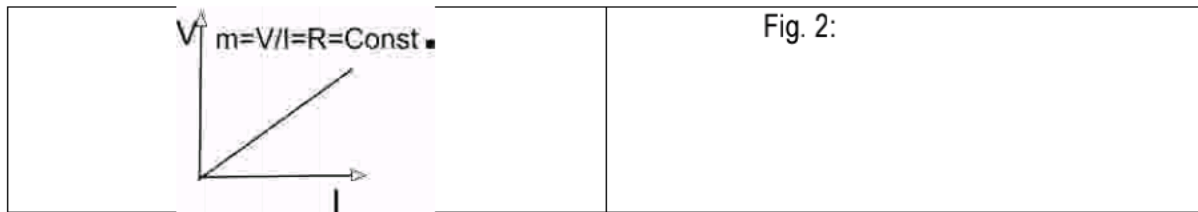


Fig. 1:

A nivel macroscópico, cuando se establece una diferencia de potencial V entre los extremos a y b de un segmento recto de conductor óhmico de sección transversal A (ver Fig. 1), se origina una corriente I , relacionada con la densidad de corriente J mediante la expresión: $I = JA$

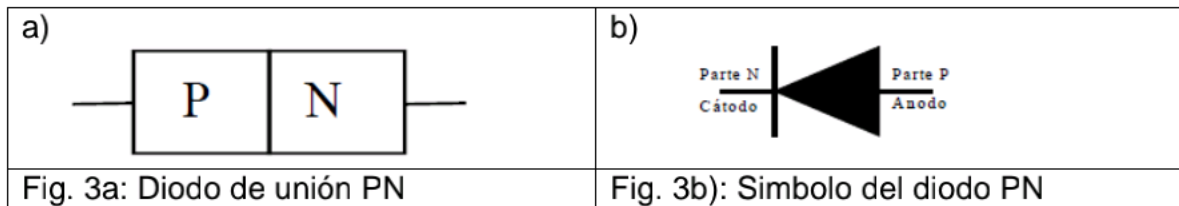
Como $V = EL$, entonces $V = \frac{JL}{\sigma} = \frac{IL}{A\sigma}$, donde $\sigma = 1/\text{Resistividad } (\rho) = L/RA$

Entonces $V = IR$ es la expresión macroscópica de la Ley de Ohm, que establece que en un material óhmico la relación V/I es una constante (ver Fig. 2).



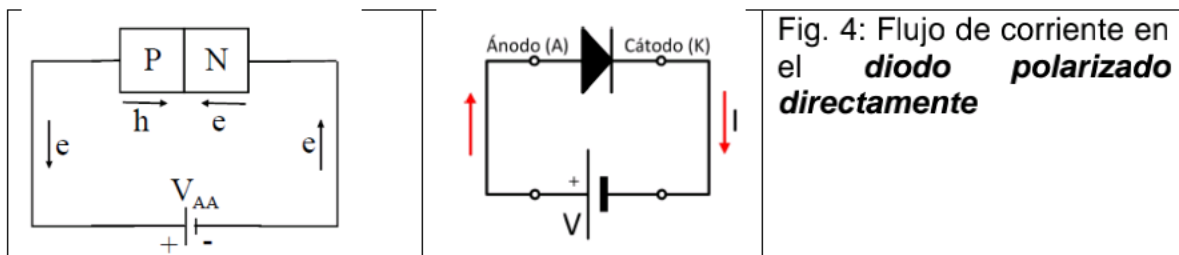
Característica I-V de un diodo semiconductor de unión PN

La unión física de un material semiconductor tipo P con otro tipo N recibe el nombre de diodo de unión o diodo PN (fig. 3).



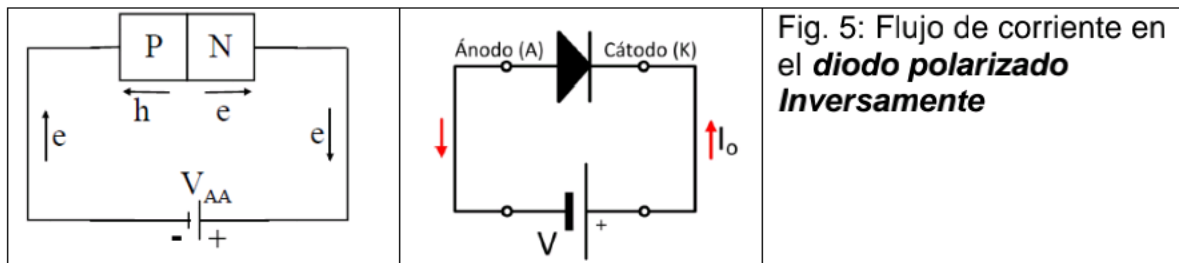
Este dispositivo tiene una característica especial, consistente en dejar pasar el flujo de corriente sólo en un sentido.

Cuando al diodo se le aplica un voltaje V_{AA} con una fuente, tal que el borne positivo es conectado en el lado P (ánodo) y el borne negativo es conectado en el lado N (catodo) del diodo tal como se muestra en la Fig.4, se dice que el diodo está **polarizado directamente o positivamente**. En este caso se producirá una circulación de electrones desde el terminal negativo de V_{AA} hacia la parte N, mientras que los huecos se mueven desde el terminal positivo hacia la zona P. Este proceso es continuo y el flujo de corriente es mantenido por la fuente externa de forma que si ésta aumenta el voltaje, la corriente también se ve incrementada; bajo esta condición, este dispositivo manifiesta una muy baja resistencia a la conducción eléctrica.



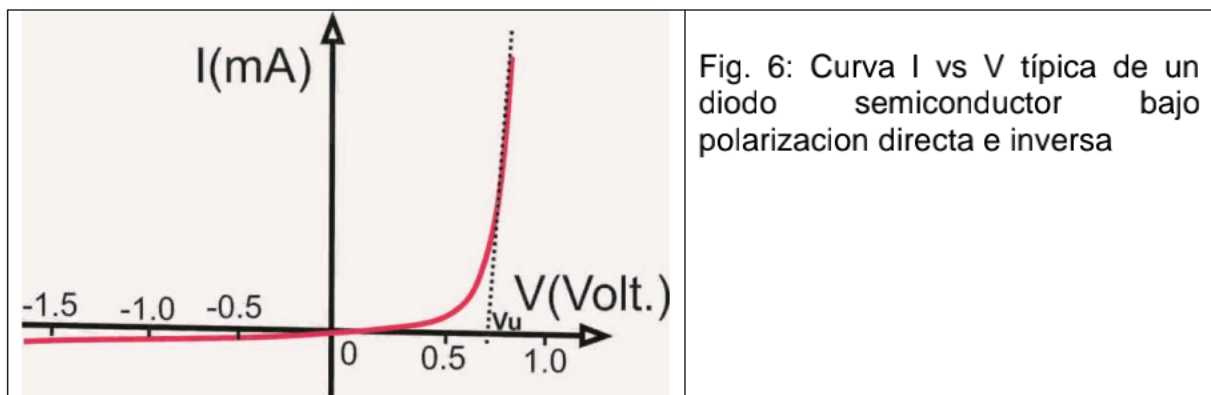
La llamada polarización inversa o negativa se representa en la figura 5. El terminal positivo de la fuente atrae los electrones libres de la parte N del diodo, y el terminal negativo atrae los huecos de la parte P. En este caso los portadores mayoritarios no tienen energía suficiente para atravesar la barrera que existe en la unión PN, registrándose una corriente inversa muy pequeña. Por consiguiente,

sólo una corriente muy débil del orden de μA se obtiene con esta polarización. La disposición en polarización inversa proporciona al diodo una resistencia muy elevada



En el caso de los diodos semiconductores PN, su desempeño no es explicable por el modelo anterior, ya que este elemento no es óhmico.

En el diodo PN la variación de la corriente I en función de la diferencia de voltaje V aplicado es una gráfica como la mostrada en la Fig. 6



En general, la corriente es muy baja para tensiones inferiores a los 0.5 V de polarización directa, sin embargo, si la tensión aumenta por encima de este nivel se observa una corriente cuyo valor aumenta de forma considerable para pequeños aumentos de la tensión.

La **tensión umbral V_u** de conducción en un diodo PN de silicio es del orden de 0.78 V. Al aumentar el voltaje de polarización por encima de 0.78V se produce un aumento exponencial de la corriente, por consiguiente hay que tener cuidado en sobrepasar un valor límite, por encima del cual el diodo puede ser destruido por sobrecalentamiento excesivo.

Cuando el diodo **está inversamente polarizado** circula un nivel muy bajo de **corriente inversa** el cual es prácticamente independiente de la tensión inversa aplicada en un amplio rango de valores. Este comportamiento también tiene un límite llamado **tensión de ruptura o de avalancha**, por debajo del cual el diodo entra en la región de ruptura pudiendo destruirse si no se pone una limitación

externa. En consecuencia, el diodo debe operar siempre entre estos dos límites de seguridad. El fabricante siempre proporciona los valores de tensión máxima permitida bajo polarización inversa V_{RM} (reverse máximo) y de corriente máxima permitida bajo polarización directa I_{FM} .

La curva característica del diodo PN resulta de representar gráficamente la relación I vs V , que, matemáticamente, se aproxima por la ecuación de siguiente ecuación, denominada ecuación de Shockley .

$$I = I_o \left(e^{\frac{qV}{\eta KT}} - 1 \right) = I_o \left(e^{\frac{V}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

Donde:

- I_o es la corriente inversa de saturación del diodo.
- q es la carga del electrón (es decir, $1,6 \cdot 10^{-19}$ culombios).
- T es la temperatura absoluta de la unión en grados Kelvin (K).
- K es la constante de Boltzman, de valor $1,381 \cdot 10^{-23}$ J/K.
- η es el denominado factor de diodo, que depende del proceso de fabricación del diodo, y que es 1 para Ge y 2 para Si, en corrientes moderadas.
- V_T se conoce como tensión térmica y $V_T = KT/q$. Entonces, para $T = 300$ K , $V_T = 0,026$ V = **26 mV**.

PROCEDIMIENTO

i) Caracterización de una resistencia

Arme el circuito de la figura 7, tomando como elemento a caracterizar una resistencia de 590 Ohms. Realice medidas de voltaje y corriente usando un voltímetro (V) conectado en paralelo y un amperímetro (A) conectado en serie.

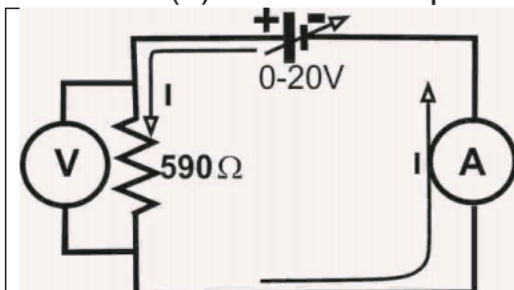


Fig. 7: Circuito a utilizar para realizar curva I vs V de una resistencia.

Realice 10 mediciones de corriente variando el voltaje entre 0 y 20 V y elabore la tabla 1 .

Tabla1: Mediciones de voltaje y corriente usando como elemento a caracterizar una resistencia de 590 Ohms.

V(Volt.)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	20
I(mA)	0	2,94	5,95	8,95	11,8	14,9	18	20,7	23,6	29,7
		mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA

Realice una gráfica de voltaje vs corriente con los resultados de las tablas 1 y haga un ajuste lineal a la curva para obtener la pendiente.

PREGUNTAS:

- ¿Qué representa físicamente la pendiente del gráfico I vs V?
- ¿Se comporta la resistencia como dispositivo óhmico?, por que?
- ¿Cuál es el valor experimental de la resistencia obtenidas partir de la pendiente de las curva de I vs V?

ii) **Caracterización de la resistencia del filamento de un bombillo**

Arme el circuito de la figura 8, tomando como elemento a caracterizar la resistencia del filamento de un bombillo (R_b).

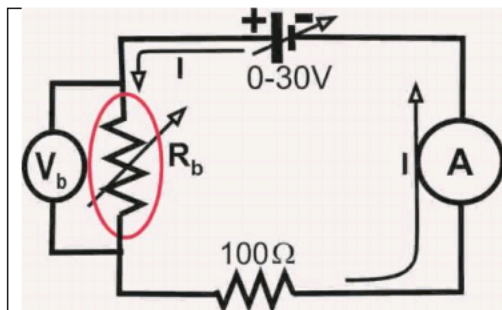


Fig. 8: Circuito a utilizar para realizar curva I vs V de la resistencia del filamento de un bombillo.

Realice 10 mediciones de corriente variando el voltaje de la fuente entre 0 y 30 V y elabore la tabla 2

Tabla 2: Mediciones de voltaje y corriente usando como elemento a caracterizar la resistencia del filamento de un bombillo.

V_b (Volt.)	0	1	2	3	4	6	8	10	12	14
I (mA)	0	63	84,6	107	130	165,2	205	240	270	290
$R = V_b/I$ (Ω)										

Realice una gráfica de voltaje vs corriente con los resultados de las tablas 2 y determine la resistencia del filamento para cada valor de voltaje medido.

PREGUNTAS:

- 1) Que puede decir sobre la resistencia del filamento del bombillo
- 2) La característica I vs V del filamento del bobillo le permite encontrar una zona de comportamiento óhmico?
- 3) Puede decirse que el filamento es un elemento óhmico?. Que restricción le impondría al filamento para considerarlo un elemento óhmico?

iii) Caracterización de un díodo semiconductor PN

Arme el circuito de la figura 9, tomando como elemento a caracterizar un díodo semiconductor PN. Observe que se debe colocar una resistencia R_o para limitar la corriente que circula por el díodo.

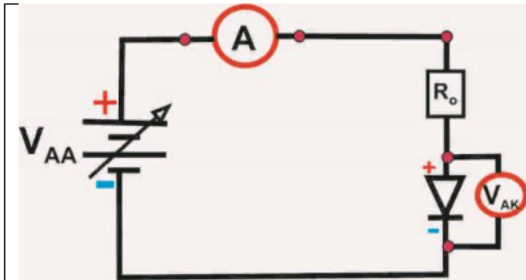


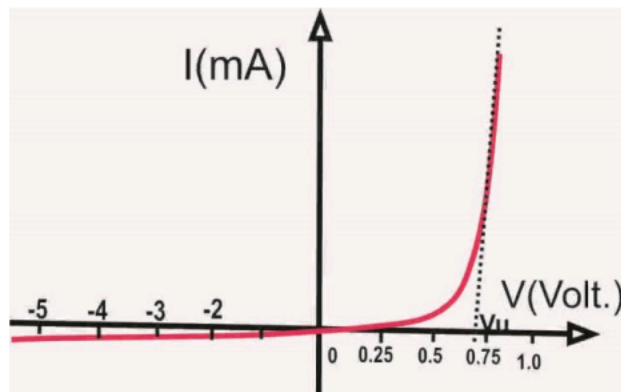
Fig. 9: Montaje usado para realizar la curva I-V del díodo

Realice mediciones de corriente y de voltaje V_{AK} variando el voltaje de la fuente V_{AA} y elabore la tabla 3.

Tabla 3:

$V_{AK}(\text{Volt})$	0	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.75	-2.0	2.0	-3.0	-4.0	-5.0
$I(\text{mA})$	0	6,04	4	82 μ	0,16	17,8	159	25	-0,1 μ	0	-0,3 μ	-0,4 μ	-0,5 μ
$R = V_{AK}/I (\Omega)$													

Realizar una gráfica de I vs V con los datos de la tabla 3. Esta grafica se debe hacer usando ejes en una sola escala como los mostrados en la siguiente Figura.



PREGUNTAS

- 1) Que puede decir sobre la resistencia del díodo
- 2) Bajo qué condiciones un díodo entra en conducción.
- 3) Menciones algunas aplicaciones del díodo PN