

**ELECTRICIDAD  
Y MAGNETISMO**  
prácticas  
y aplicaciones

Héctor Barco Ríos

Profesor Asistente de la Universidad Nacional - Seccional Manizales



La Facultad ha querido resaltar la producción intelectual de sus profesores, iniciando la edición y publicación de una serie de libros que permitan mejorar las condiciones del ejercicio docente. Se trata de realizar la edición de textos o monografías que servirán para que estudiantes y profesores dispongan de materiales apropiados para su actividad académica.

Es también interés del Consejo Directivo y de las Directivas de la Facultad que la labor de los docentes sea incentivada y que su producción sea reconocida en el ámbito universitario.

Esta primera serie que consta de cuatro libros es un reconocimiento a la labor de profesores que se han destacado en el medio universitario por su dedicación, trabajo y producción escrita, se inicia esta primera edición con estas publicaciones:

"Aproximaciones a una Teoría Crítica del Espacio Moderno" de la Profesora Patricia Noguera.

"Electricidad y Magnetismo" del Profesor Héctor Barco.

"Mecánica de Suelos" del Profesor Julio Robledo.

"Sicología de la Persona", del Profesor Oscar López.

JOSE OSCAR JARAMILLO JIMENEZ  
Decano

Abril 1989

# CONTENIDO

## PRIMERA PARTE

	Pág.
PRESENTACION	
1. ELECTROSTATICA	1
2. EXPERIMENTO DE LA GOTA DE ACEITE DE MILLIKAN	5
3. LEY DE OHM	11
4. RESISTENCIA INTERNA DE UNA FUENTE DE VOLTAJE	15
5. MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA	20
6. CONSTRUCCION DE UN VOLTIMETRO	25
7. CONSTRUCCION DE UN AMPERIMETRO	29
8. RESISTENCIA Y POTENCIA POR EL METODO DEL VOLTIMETRO-AMPERIMETRO	33
9. PUENTE DE WHEATSTONE	43
10. CONDENSADORES	50
11. LEYES DE KIRCHHOFF	55
12. CIRCUITO RC	59
13. CIRCUITO RL	67
14. OSCILOSCOPIO Y RECTIFICADORES	75
15. ELECTROMAGNETISMO	81
16. MOTORES Y GENERADORES	86

17. CAMPO MAGNETICO CERCA DE UN ALAMBRE RECTO	90
18. BALANZA DE CORRIENTE	95
19. EFECTO HALL	100
20. DETERMINACION DE $e/m$ DEL ELECTRON	104
21. EXPERIMENTO DE THOMPSON	107
22. ONDAS ELECTROMAGNETICAS	112

## SEGUNDA PARTE

	Pág.
INTRODUCCION	118
FUSIBLES	119
CODIGO DE COLORES	122
INDICADOR DE CORRIENTE	125
INTERRUPTOR CON LUZ	126
LUZ INTERMITENTE	127
DUPLICADOR DE VOLTAJE	128
TRIPLICADOR DE VOLTAJE	129
CUADRUPLICADOR DE VOLTAJE	130
FUENTE DE VOLTAJE DC	131
DETECTOR DE PROXIMIDAD	133
BIBLIOGRAFIA	135

## PRESENTACION

El texto comprende dos partes:

- a) PRACTICAS DE LABORATORIO: Son unas guías que le permiten al estudiante realizar satisfactoriamente las prácticas cuyo propósito de éstas es hacer que el estudiante amplíe, profundice y analice cualitativa y cuantitativamente los fenómenos eléctricos y magnéticos que previamente fueron estudiados en la asignatura teórica. También le permite al estudiante aprender a manejar los aparatos de medida de cantidades eléctricas y magnéticas.

Hay 22 prácticas de las cuales el profesor puede escoger según su criterio para realizar el curso de Laboratorio.

- b) APLICACIONES: Contiene cierta información y algunos circuitos sencillos que pueden ser de gran utilidad tanto *didáctica* como *práctica*.

HECTOR BARCO RIOS

## ELECTROSTATICA

### OBJETIVO:

Obtener la carga eléctrica utilizando diferentes métodos. Observar las características que presentan los cuerpos cargados y la distribución de las cargas eléctricas en los cuerpos.

### TEORIA:

Gran parte de la conducta cualitativa de las cargas eléctricas fué descubierta durante el siglo XVIII. Materiales comunes como el vidrio fueron frotados con distintas clases de tejidos para obtener las cargas eléctricas. De la experiencia cotidiana se sabe que las cargas no fluyen fácilmente en materiales tales como el vidrio, cerámica o los plásticos. Estos materiales se denominan **AISLANTES**.

Otros materiales principalmente metales, en los cuales las cargas se desplazan fácilmente, se denominan **CONDUCTORES**.

Existen dos clases de electricidad: Electricidad Positiva y Electricidad Negativa.

Cuerpos cargados con igual signo se ejercen una fuerza de repulsión, y cuerpos cargados con distinto signo

## 2

se ejercen una fuerza de atracción. La anterior afirmación se le denomina ley fundamental de la electrostática.

Charles A Coulomb cuantificó la anterior ley para cargas puntuales de la siguiente forma:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \cdot \hat{r}_{12}$$

Donde:

Q1, Q2: Magnitud de las cargas puntuales.

r: distancia de separación entre las dos cargas.

$\hat{r}_{12}$ : vector unitario en la dirección de la recta que une las dos cargas.

### EQUIPO

Generador de Van de Graaf

Electroscopio

Fuente de Tesla

Vidrio

Varilla metálica

### PROCEDIMIENTO:

a. Pender una tira de acetato de celulosa y otra de vinilita de un soporte por medio de cinta adhesiva, de tal modo que puedan oscilar libremente.

b. Frotar con fuerza la vinilita y el acetato de celulosa con un trozo de papel seco. No tocar las superficies frotadas.

Frotar otra tira de vinilita con papel y acercarla a cada una de las tiras suspendidas. Que conclusión se obtiene de los resultados.

c. A continuación frotar otra tira de acetato con papel y acercarla a las tiras colgadas. Qué ocurre.?

d. Frotar un papel y una peinilla y observar el efecto sobre el electroscoio.

e. Situar dos barras metálicas tocándose por sus extremos sobre vasos de vidrio (Fig. 1). No acercar el plástico tanto que una chispa salte entre él y las barras.

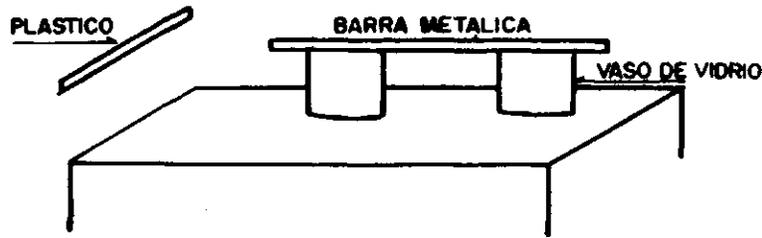


Fig. 1

Con el plástico cargado próximo a las barras, separar estas desplazando uno de los vasos sin tocar el metal. Luego toque con el plástico una lámina que cuelgue de un hilo sujeto a un soporte. Acercar ahora una barra y luego la otra a la lámina.

f. Situar de nuevo las barras en contacto y acercarlas a la lámina cargada.

g. Acercar de nuevo el plástico a uno de los extremos de una barra aislada y tocar el otro extremo ligeramente con el dedo. Quitar el plástico y ensayar la presencia de carga en la barra por medio de la lámina cargada.

h. Ponga a funcionar el generador de Van de Graff.

4

Espere aproximadamente 3 minutos. Luego acerque el cabello a la esfera metálica (sin tocar la esfera); también acerque un dedo (sin tocar la esfera). Por último acerque el electroscopio. Qué sucede.?

i. Ponga a funcionar la fuente de Tesla. Acerque una lamparita de neón o alguno de estos aparatos. Que sucede.

**PREGUNTAS:**

1- De una explicación a cada uno de los fenómenos observados en todos los numerales anteriores.

2- Que conclusiones generales sobre electrización de cuerpos se obtiene como resultado de las observaciones en esta experiencia.

3- Qué sucede cuando se mantiene una barra cargada próxima a un pequeño trozo de papel o hilo descargado?

4- Porqué el campo eléctrico en la esfera metálica del generador de Van de Graaf es perpendicular a la superficie de dicha esfera. Que sucedería si ésto no fuera verdadero?

5- Explique el funcionamiento de la fuente de Tesla y del generador de Van de Graff.

6- Describa un método por el cual se pueda determinar el signo de la carga de la esfera del generador de Van de Graaf.

## EXPERIMENTO DE LA GOTA DE ACEITE DE MILLIKAN

### OBJETIVO:

Los objetivos fundamentales de esta práctica son: Comprobar que la carga eléctrica esta cuantizada y determinar el valor aproximado de la carga del electrón, mediante un procedimiento similar al utilizado por Robert A Millikan a principios de siglo.

### EQUIPO:

Aparato de gota de aceite  
Fuente variable DC  
Atomizador con aceite de ricino  
Voltímetro DC  
Cronómetro

### TEORIA:

En la naturaleza existe una única partícula que posee la mínima carga posible de encontrar, dicha partícula es el electrón con una carga de aproximadamente  $1.60 \times 10^{-19}$  coul. Así, la carga se encuentra distribuida en "paquetes" o "cuantos de carga", de modo que cualquier cuerpo cargado tendrá un número entero de cuantos de carga, o sea un número entero de veces la carga del electrón como  $e$ ,  $2e$ ,  $3e$ , ...,  $ne$ ; Pero nunca un número no entero como  $1.5e$ ,  $4.3e$ , etc. Robert A Millikan ideó un procedimiento para comprobar la cuantización

de la carga y encontrar la magnitud del quantum de carga; el análisis fundamental se describe a continuación:

El instrumento esquematizado en la figura (1) consta de dos placas metálicas horizontales y paralelas conectadas a una batería de modo que entre ellas existe una diferencia de Potencial  $V_{ab}$ , una lámpara permite la iluminación de la región entre las dos placas.

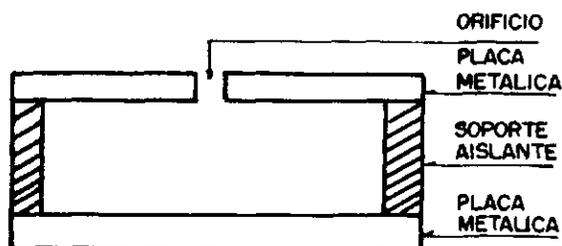


Fig. 1

En el centro de la placa superior se ha practicado un pequeño agujero circular que se muestra ampliado en esta vista lateral; mediante un pulverizador se dejan caer pequeñísimas gotas de aceite de ricino sobre la placa que tiene el orificio de modo que algunas de ellas entren a través de él a la región entre las placas, las goticas se cargan eléctricamente a causa de la fricción con la boquilla del pulverizador.

Una vez en dicha región con la lente de imagen invertida veremos subir (es decir que caen) las goticas de aceite que aparecen a la vista como diminutos puntos brillantes. Estudiemos seguidamente el método más sencillo para determinar la carga

eléctrica de una cualquiera de las goticas que caen en la región: supóngase que la gota con la que trabajaremos esta cargada negativamente y las placas son conectadas a una bateria de modo que se presente una diferencia de potencial entre ellas y en consecuencia un campo eléctrico de magnitud  $E = V_{ab}/h$ , donde  $h$  es la separación entre las placas. Obviamente la gota de aceite al entrar en el recipiente formado por las placas y las paredes laterales que las separan, desplaza un volumen de gas existente en esa región igual a su propio volumen y aparece sobre ella una fuerza boyante. A medida que la gota cae, las fuerzas que actuan sobre ella son por lo tanto: El peso, el empuje y la fuerza de origen electrostático que aparece por la acción del campo eléctrico  $E$  sobre la carga total de la gota. Regulando la  $V_{ab}$  y en consecuencia  $E$  se puede llegar a un equilibrio de fuerzas sobre la gota de modo que esta permanezca en reposo (fig. 2).



Fig. 2

Haciendo el Procedimiento matemático, la ecuación que nos permite calcular la carga total de la gota de aceite es:

8

$$Q = \frac{18 \cdot \pi \cdot h}{V_{ab}} \times \sqrt{\frac{\eta^2 \cdot v^3}{2 \cdot g(\delta_e - \delta)}}$$

**h:** Separación de las placas =  $3 \times 10^{-3}$  mts.

**$\eta$ :** Coeficiente de viscosidad del aire =  $1.81 \times 10^{-5}$  nw.seg/mt<sup>2</sup>.

**v:** Velocidad límite de la gota

**$V_{ab}$ :** Diferencia de potencial entre las placas.

**g:** Aceleración de la gravedad = 9.8 mt/seg<sup>2</sup>.

**$\delta_e$ :** Densidad del aceite de ricino = 963.5 kgm/mt<sup>3</sup>.

**$\delta$ :** Densidad del aire = 1.239 kgm/mt<sup>3</sup>.

#### **PROCEDIMIENTO:**

Luego de instalar el equipo, realice el siguiente procedimiento:

a- Nivele el aparato de la gota de aceite.

b- Con el atomizador rocíe el interior de la cámara situada en la parte superior del aparato de la gota de aceite de modo que algunas de las gotas penetren por el orificio de la placa superior e ingresen a la región entre las placas.

c- Con la lente observe las gotas que caen lentamente y elija una cualquiera de ellas para realizar las medidas, de ser posible alguna que esté en un punto cercano a una línea de referencia en el ocular de la lente y equidistante de las placas.

d. Cierre el circuito formado por las placas y la batería y varíe el voltaje aplicado en la fuente hasta que llegue el momento en el que la gota elegida

quede totalmente en reposo y anote la lectura del voltímetro.

e. Desconecte la fuente de voltaje, para que el campo eléctrico entre las dos placas sea cero.

f. Permita que la gota caiga a una distancia prudencial de modo que se pueda considerar que ha alcanzado la velocidad límite; luego con el cronómetro mida el tiempo que demora la gota en moverse verticalmente una distancia cualquiera fácilmente medible mediante las líneas de referencia en el ocular de la lente, la distancia entre dos de las líneas largas es de 0.5 mm, tome nota del tiempo recorrido.

g- Repita el mismo procedimiento para diez gotas diferentes cuidando de no inundar las placas por exceso de aceite de ricino.

Para los cálculos se hace lo siguiente:

Encuentre la velocidad límite de cada gota utilizada.

Determine la carga de cada gota elegida, divida el valor obtenido entre números enteros  $n$  (máximo hasta 10) hasta que el cociente que resulta sea lo más cercano posible al valor de la carga del electrón ( $1.6 \times 10^{-19}$  coul), el número entero  $n$  que satisfaga esta condición, indica el número de electrones adicionales que ha adquirido la gota, indique en una tabla la relación  $Q/n$  que usted obtuvo para cada una de las diez gotas.

Luego saque un promedio de la relación  $Q/n$ ; este será el valor más probable de la carga del electrón.

#### **PREGUNTAS:**

1- Porqué se considera el campo eléctrico entre las

**10**

placas como constante?

2- Se puede considerar el dispositivo dentro del aparato como un condensador. Si lo es, indique de que clase?

3- En la práctica se halla directamente la carga del electrón?

4- En un experimento de alta precisión se calculó la probable carga de algunas partículas obteniéndose los siguientes resultados:

$e, 5e, e, e, 1.5e, 20e, 10, 1.8e$ , donde  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  coul. Cuales de estos valores serán considerados correctos y cuales incorrectos?

5- Que concepto o idea se quiere expresar al afirmar que un electrón tiene carga negativa y un protón tiene carga positiva?

Las mediciones sobre la gota pueden verse afectadas por campos magnéticos como el terrestre o los provocados por las líneas de transmisión cercanas, incluso los mismos conductores que alimentan el aparato u otros instrumentos cercanos? Porqué?

## LEY DE OHM

### OBJETIVO:

Comprobar la ley de Ohm.

### EQUIPO:

Resistencias  
Reóstatos  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC

### TEORIA:

La ley de Ohm se expresa de la siguiente forma: La relación entre la diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor y la intensidad de la corriente que por él circula es una cantidad constante. Esta constante se le llama **RESISTENCIA** del conductor. De tal forma que si se grafica  $I$  en función de  $V$  se obtiene una línea recta cuya pendiente  $m$  es el inverso de la resistencia. Como se muestra en la figura (1).



12

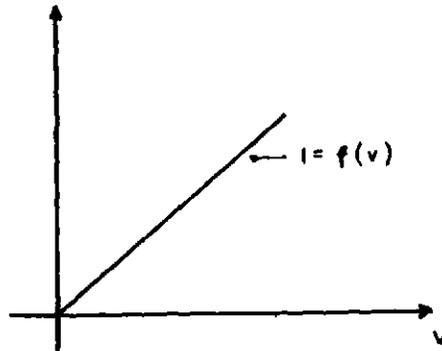


Fig. 1

**PROCEDIMIENTO:**

a- Montar el circuito de la figura (2)

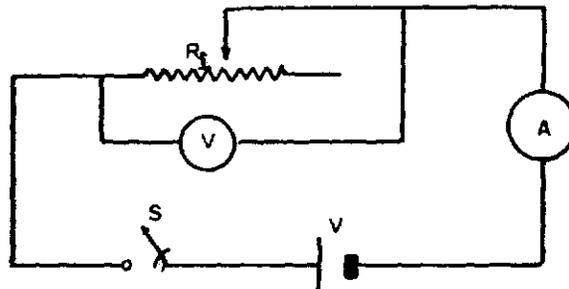


Fig. 2

Donde  $i = 1, 2, 3$

b- Con un ohmetro mida la resistencia del reóstato  $R_1$  que se va a intercalar en el circuito.

c- Utilizando el reóstato R1 y variando el voltaje de la fuente, llene la siguiente tabla que se muestra en la figura (3):

V									
I									

Fig. 3

d- Con otro reóstato R2, repita los numerales (b) y (c).

e- Nuevamente con otro reóstato R3, repita los numerales (b) y (c).

**PREGUNTAS:**

1- Hacer las gráficas I contra V en papel milimetrado.

- a) Que curva se obtiene?
- b) Si es una línea recta, cual es su pendiente?
- c) Que es el inverso de la pendiente obtenida?

2- Halle el error que se comete al calcular la resistencia para cada reóstato en forma experimental con la leída en el ohmetro.

3- La relación:  $R = V/I$  es la ley de Ohm?

4- Al conectar un bombillo a una fuente de 110 volt, la corriente que circula es de aproximadamente una fracción de amperio. Si la resistencia del bombillo

14

es de 2 ohmios. Porqué la corriente no es entonces de 55 amp? Explique que ocurre.

5- Teniendo en cuenta la gráfica siguiente:



- a) Cumple con la ley de Ohm?
- b) Que clase de material es?

6- Si el área de la sección transversal se duplica en un conductor, como varía la resistencia del conductor?

## RESISTENCIA INTERNA DE UNA FUENTE DE VOLTAJE

### OBJETIVO:

Estudiar la influencia que ejerce la resistencia interna de una fuente de voltaje sobre la diferencia de potencial entre sus bornes, y medir dicha resistencia interna.

### EQUIPO:

Fuente DC  
Voltímetro DC  
Amperímetro DC  
Reóstatos.

### TEORIA:

Consideremos el circuito representado en la figura (1), en el que una fuente de voltaje de corriente continua (Pila, Generador) suministra corriente a una resistencia externa  $R$ , conectada directamente a los bornes  $a$  y  $b$  de la fuente. Esta corriente no solo circula por la resistencia externa  $R$ , sino que también circula por la resistencia propia, la resistencia interna  $r$  de la fuente.

De acuerdo con la ley de ohm:

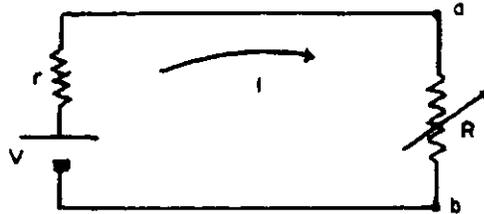


Fig. 1

$$I = \frac{E}{r + R} \quad (1)$$

Siendo  $E$  la fuerza electromotriz (fem) de la fuente.

La expresión (1) nos permite escribir:

$$E = I \cdot R + I \cdot r = V_{ab} + V_i \quad (2)$$

Donde:

$V_{ab}$ : Es la caída de Potencial en la resistencia externa  $R$ , es decir, la tensión entre los bornes de la fuente.

$V_i$ : Es la caída de potencial en la resistencia interna  $r$ , que de acuerdo con la expresión (2) también podemos expresar como:

$$V_i = E - V_{ab} = I \cdot r \quad (3)$$

resultando ser proporcional a la intensidad de la corriente.

Por otra parte, la tensión entre los bornes  $V_{ab}$  se puede expresar como:

$$V_{ab} = E - I \cdot r \quad (4)$$

de modo que la tensión entre los bornes de una fuente cuando suministra corriente es menor que la fem de la fuente. La fem  $E$  de la fuente será igual a la tensión entre los bornes cuando la fuente no suministra corriente, esto es, cuando esta en circuito abierto. Conforme aumenta la intensidad de la corriente suministrada por la fuente, disminuye la tensión entre los bornes de la misma.

**PROCEDIMIENTO:**

a- Montar el circuito representado en la figura (2).

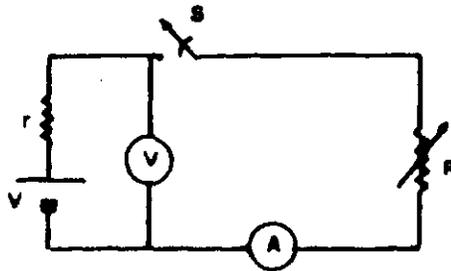


Fig. 2

b. Con el interruptor abierto ( $i=0$ ), el voltímetro nos mide la fem  $E$  de la fuente, que es igual a la tensión  $V_{ab}$  entre los bornes de la misma. Anotar el valor de  $E$  en la tabla.

c- Cerrar el circuito (cerrar el interruptor). Varie la resistencia del reóstato y anote la corriente  $I$  que circula por el circuito y la caída de potencial  $V_{ab}$  en los bornes de la fuente. Anotelos en la tabla.

d- Repita el numeral (c) del procedimiento por lo menos 8 veces.

I									
V <sub>ab</sub>									
V <sub>i</sub>									

Tabla

## PREGUNTAS

1- Demostrar que si E y r la fem y la resistencia interna de una fuente y R<sub>v</sub> la resistencia interna de un voltímetro, la tensión que mide el voltímetro en los bornes de la fuente es:

$$V_{ab} = E \cdot \frac{1}{1 + r/R_v}$$

De acuerdo a la expresión anterior. Podemos medir de forma precisa la fem de una fuente utilizando un voltímetro?. Que precauciones o que correcciones debemos tener en cuenta para que sea posible medir la fem utilizando el voltímetro?

3- Hacer las gráficas de V<sub>i</sub> contra I y de V<sub>ab</sub> contra I en papel milimetrado.

4- A partir de las gráficas anteriores, determinar la resistencia interna r de la fuente y la intensidad de la corriente de corto circuito de la fuente (La resistencia externa R se hace igual a cero).

5- Que representa la corriente de corto circuito de una fuente?

Es posible mantener dicha corriente de modo persistente?

6- Cuando la fem es igual a la diferencia de potencial entre los bornes de la fuente?

## MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA

### OBJETIVO:

Utilizando el concepto de la máxima transferencia de potencia se determinará la resistencia interna de una fuente de voltaje.

### EQUIPO:

Fuente DC  
Voltímetro DC  
Amperímetro DC  
Ohmetro  
Reóstatos

### TEORIA:

Consideremos una fuente de voltaje con una resistencia  $r$  interna; a esta fuente se le ha conectado una resistencia externa  $R_L$ . Como se muestra en la figura (1).

El teorema de la máxima transferencia de potencia consiste en hallar el valor de la resistencia externa  $R_L$  a la cual se produce la máxima potencia desarrollada en dicha resistencia.

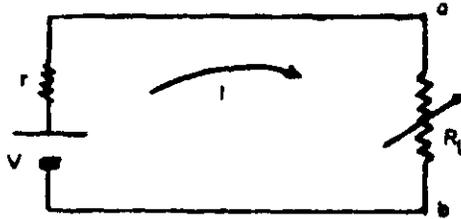


Fig. 1

La potencia en la resistencia es:

$$P = I^2 \cdot R_L \quad (1)$$

Pero la corriente que circula por el circuito es:

$$I = \frac{V}{r + R_L} \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1):

$$P = \frac{V^2}{(r + R_L)^2} \cdot R_L \quad (3)$$

Para hallar la potencia máxima que se desarrolla en la resistencia  $R_L$ , derivamos la expresión (3) con respecto a  $R_L$  y se iguala a cero, o sea:

$$\frac{dP}{dR_L} = 0$$

De donde obtenemos que:

$$R_L = r \quad (4)$$

Lo anterior nos indica que la resistencia externa  $R_L$  debe ser igual a la resistencia interna  $r$  para que se desarrolle la máxima potencia.

## 22

En este momento, la diferencia de potencial en la resistencia externa  $R_l$  es:

$$V_{ab} = I \cdot R_l \quad (5)$$

Pero sabemos que:

$$I = \frac{V}{r + R_l} \quad (6)$$

Se tiene que:

$$R_l = r \quad (7)$$

Reemplazando (7) en (6):

$$I = \frac{V}{2 \cdot r} \quad (8)$$

Reemplazando (8) en (5):

$$V_{ab} = \frac{V}{2 \cdot r} \cdot r$$

Se tiene que:

$$V_{ab} = \frac{V}{2}$$

Lo anterior indica que cuando se desarrolla la máxima potencia en el circuito, la diferencia de potencial en la resistencia externa  $R_l$  disminuye a la mitad del valor suministrado por la fuente.

PROCEDIMIENTO:

a- Monte el circuito que se muestra en la figura (2).

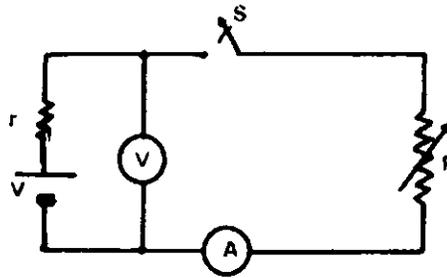


Fig. 2

b- Por cada pequeña variación del reóstato tome las lecturas de la corriente y de la diferencia de potencial en el reóstato.

c- Repita el numeral (b) del procedimiento por lo menos 10 veces y registre las lecturas correspondientes en la tabla.

V										
I										

Tabla

d- Si en una de estas variaciones del reóstato, observa que la diferencia de potencial en el reóstato tiene un valor igual a la mitad del voltaje suministrado por la fuente, entonces mida con un ohmetro la resistencia del reóstato en ese momento. (Esta lectura debe tomarse con la fuente desconectada del circuito).

Luego prosiga normalmente para tomar las lecturas

como lo indica el numeral (c) del procedimiento.

PREGUNTAS:

- 1- Cual es el valor de la resistencia interna de la fuente que obtuvo en la práctica?
- 2- En papel milimetrado construya la gráfica de la potencia en la resistencia externa  $R_l$  en función de dicha resistencia.
- 3- Halle el valor de la resistencia interna de la fuente utilizando la gráfica y compare dicho valor con el que obtuvo en la práctica. Calcule el error que se presenta.
- 4- Diga algunas ventajas y desventajas de utilizar la máxima potencia en un circuito.
- 5- Explique detalladamente porque se debe desconectar la fuente para medir la resistencia del reóstato con un ohmetro.
- 6- Indique otro método para hallar la resistencia interna de una fuente.

## CONSTRUCCION DE UN VOLTÍMETRO

### OBJETIVO:

Construir un voltímetro para diferentes escalas.

### EQUIPO:

Galvanómetro  
Pila seca  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Reóstatos  
Dos interruptores.

### TEORIA:

Para construir un voltímetro a partir de un galvanómetro es necesario insertar en serie con el galvanómetro una resistencia muy alta (llamada resistencia multiplicadora).

La resistencia puede ser calculada de la resistencia del galvanómetro y de la corriente requerida para producir desviaciones de plena escala del instrumento.

Se tiene el siguiente circuito:

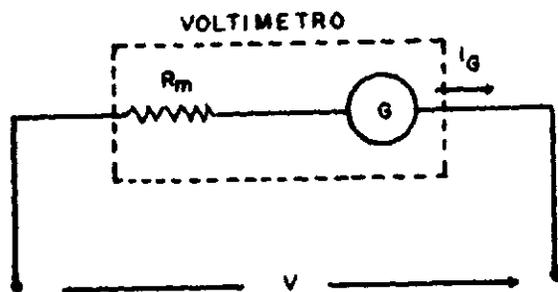


Fig. 1

A partir de la ley de Ohm y de las leyes de Kirchhoff llegamos:

$$V = I_g \cdot (R_g + R_m) \quad (1)$$

Donde:

V: Voltaje a ser medido.

$I_g$ : Corriente que circula por el galvanómetro que produce su desviación a plena escala.

$R_g$ : Resistencia interna del galvanómetro

$R_m$ : Resistencia multiplicadora.

Despejando de la expresión (1)  $R_m$ , se tiene:

$$R_m = \frac{V}{I_g} - R_g$$

PROCEDIMIENTO:

a- Para medir la resistencia interna del galvanómetro monte el siguiente circuito:

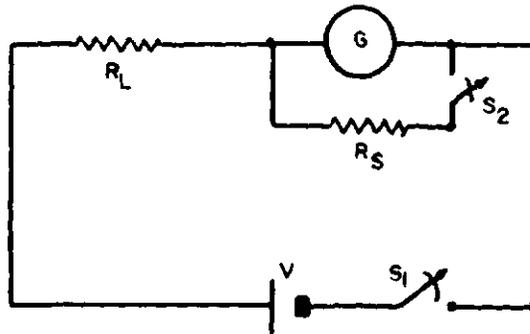


Fig. 2

b- Con el interruptor 1 cerrado y el interruptor 2 abierto, ajuste la resistencia limitadora  $R_L$  hasta que el galvanómetro tenga su desviación a plena escala.

Ahora cierre el interruptor 2 y ajuste la resistencia  $R_S$  hasta que la desviación sea de media escala. En este momento el valor de la resistencia  $R_S$  será igual al valor de la resistencia interna  $r$  del galvanómetro.

c- Calcule la resistencia  $R_m$  (resistencia multiplicadora) que debe ser insertada en serie con el galvanómetro, para que la combinación produzca un voltímetro de escala máxima de 1.5 volt.

d- Mida diferentes voltajes con su voltímetro que construyó y compárelos con las lecturas tomadas con un voltímetro real.

e- Repita los pasos (c) y (d) para un voltímetro de escala máxima de 3 volt.

f- Repita los pasos (c) y (d) para un voltímetro de escala máxima de 6 volt.

g- Repita los pasos (c) y (d) para un voltímetro de escala máxima de 15 volt.

PREGUNTAS:

1- Explique detalladamente como ha obtenido los valores de  $R_m$  en el diseño de los voltímetros para las escalas máximas de 1.5 volt, 3 volt, 6 volt y 15 volt?.

2- Halle la precisión de cada voltímetro construido con respecto a un voltímetro real. Explique.

3- Halle una expresión para calcular la resistencia multiplicadora  $R_m$  que se coloca para ampliar la escala en un factor  $N$  solamente conociendo la resistencia interna del voltímetro.

4- En la construcción de un voltímetro, se utiliza un divisor de tensión o un divisor de corriente?. Explique.

5- Como debe ser la resistencia  $R_m$  en un voltímetro ideal ?. Explique.

6- Demuestre analíticamente como se calcula la resistencia interna del galvanómetro.

## CONSTRUCCION DE UN AMPERIMETRO

### OBJETIVO:

Construir un amperímetro para diferentes escalas

### EQUIPO:

Galvanómetro  
Pila seca  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Reóstatos  
Dos interruptores

### TEORIA:

Para construir un amperímetro a partir de un galvanómetro es necesario insertar en paralelo con el galvanómetro una resistencia shunt para proveer otro camino para la corriente.

La resistencia puede ser calculada de la resistencia del galvanómetro y de la corriente requerida para producir desviaciones de plena escala del instrumento.

Se tiene el siguiente circuito:

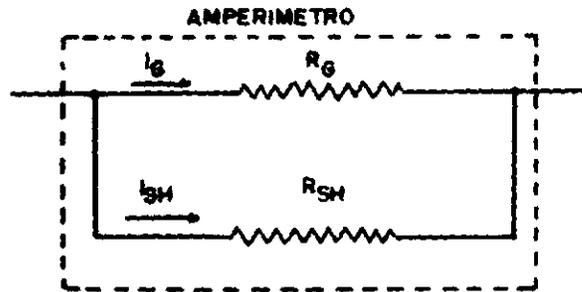


Fig. 1

A partir de la ley de Ohm y de las leyes de Kirchhoff llegamos:

$$V = I_g \cdot R_g = I_{sh} \cdot R_{sh} \quad (1)$$

Despejando  $R_{sh}$  de la expresión (1)

$$R_{sh} = \frac{I_g}{I_{sh}} \cdot R_g$$

Donde:

$I_g$ : Corriente que circula por el galvanómetro que produce su desviación a plena escala.

$R_g$ : Resistencia interna del galvanómetro

$I_{sh}$ : Corriente que circula por la  $R_{sh}$ .

$R_{sh}$ : Resistencia shunt.

PROCEDIMIENTO:

a- Para medir la resistencia interna del galvanómetro monte el siguiente circuito:

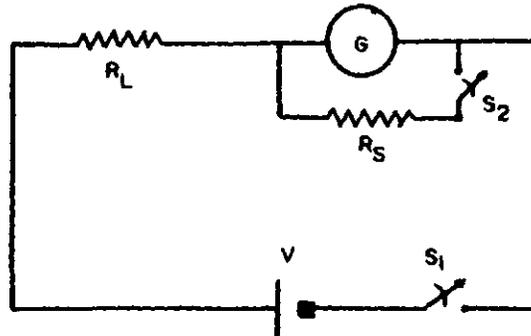


Fig. 2

b- Con el interruptor 1 cerrado y el interruptor 2 abierto, ajuste la resistencia limitadora  $R_L$  hasta que el galvanómetro tenga su desviación a plena escala.

Ahora cierre el interruptor 2 y ajuste la resistencia  $R_S$  hasta que la desviación sea de media escala. En este momento el valor de la resistencia  $R_S$  será igual al valor de la resistencia interna  $R_g$  del galvanómetro.

c- Calcule la resistencia  $R_{sh}$  que debe ser insertada en paralelo con el galvanómetro para que la combinación produzca un miliamperímetro de escala máxima de 10 miliamp.

d- Mida diferentes corrientes con su miliamperímetro que construyó y compárelos con las lecturas tomadas con un miliamperímetro real.

e- Repita los pasos (c) y (d) para un miliamperímetro de escala máxima de 150 miliamp.

f- Repita los pasos (c) y (d) para un miliamperímetro de escala máxima de 300 miliamp.

g- Repita los pasos (c) y (d) para un miliamperímetro

de escala máxima de 600 miliamp.

PREGUNTAS:

1- Explique detalladamente como ha obtenido los valores de  $R_{sh}$  en el diseño de los miliamperímetros para las escalas máximas de 10 miliamp, 150 miliamp, 300 miliamp y 600 miliamp.

2- Halle la precisión de cada miliamperímetro construido con respecto a un miliamperímetro real. Explique.

3- Halle una expresión para calcular la resistencia  $R_{sh}$  que se coloca para ampliar la escala en un factor  $N$  solamente conociendo la resistencia interna del voltímetro.

4- En la construcción de un amperímetro se utiliza un divisor de tensión o un divisor de corriente?. Explique.

5- Como debe ser la resistencia  $R_{sh}$  en un amperímetro ideal?. Explique.

6- Explique detalladamente porqué el amperímetro debe ser conectado en serie con el circuito de interés?. Que pasa si se coloca en paralelo?. Explique.

## RESISTENCIA Y POTENCIA POR EL METODO DEL VOLTIMETRO-AMPERIMETRO

### OBJETIVO:

Estudiar la aplicación del método VOLTIMETRO-AMPERIMETRO para medición de la resistencia y la potencia.

### EQUIPO:

Lámparas  
Reóstatos  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC

### TEORIA:

La resistencia  $R$  de un conductor se define como la relación del voltaje  $V$  aplicado entre los extremos del conductor y la corriente  $I$  que circula a través de él.

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

La ecuación para definir la potencia eléctrica se obtiene fácilmente de la definición del potencial:

$$V = \frac{W}{Q} \quad (2)$$

Puesto que potencia es la rata de trabajo respecto al tiempo:

$$P = \frac{W}{t} \quad (3)$$

Despejando  $W$  en la expresión (3) y reemplazando en la expresión (2):

$$P = V.I$$

De aquí que la potencia usada en cualquier parte de un circuito DC, esta dada por el producto del voltaje y la corriente en esa parte del circuito.

La ecuación para la potencia eléctrica, puede expresarse empleando la ley de Ohm, en la forma siguiente:

$$P = V.I$$

Pero según la expresión (1):

$$V = I.R$$

entonces,

$$P = I^2.R \quad (\text{Ley de joule})$$

La ley de joule es la potencia disipada en forma de calor por la resistencia

O también,

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Si el voltaje se da en voltios, la corriente en amperios y la resistencia en ohmios la potencia se da en Watts.

La ecuación para la energía eléctrica  $U$ :

$$U = P.t$$

Pero,

$$P = V.I$$

entonces,

$$U = V.I.t$$

Donde generalmente la energía se da en Kilo Watt-hora.

En las figuras (1) y (2), se muestran los dos métodos alternativos para conectar un amperímetro y un voltímetro para medir la resistencia y la potencia de una resistencia.

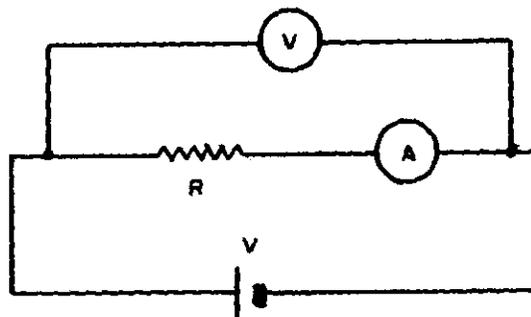


Fig. 1

En la conexión que se muestra en la figura (1), el amperímetro registra la corriente en la resistencia pero el voltímetro registra la diferencia de potencial sobre la resistencia y el amperímetro combinados. Cuando la resistencia es grande en comparación con la resistencia  $R_a$  del amperímetro, el porcentaje

de error causado al despreciar el voltaje  $I.R_a$  a través del amperímetro no es muy serio.

La conexión de la figura (1) se emplea cuando  $R$  es grande en comparación con  $R_a$  sin importar la resistencia del voltímetro.

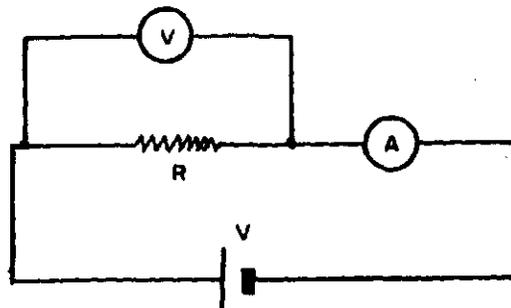


Fig. 2

Cuando el voltímetro se conecta como en la figura (2), este indica correctamente la diferencia de potencial sobre la resistencia; pero ahora el amperímetro no registra exactamente la corriente en la resistencia, puesto que registra la suma de dicha corriente y la corriente en el voltímetro.

El porcentaje de error causado al despreciar la corriente en el voltímetro es pequeño cuando  $r$  es despreciable en comparación con la resistencia  $R_v$  del voltímetro.

La conexión de la figura (2) es por lo tanto empleada cuando  $R$  es pequeña en comparación con  $R_v$  y no es muy grande en comparación con  $R_a$ .

En cada uno de los circuitos de las figuras (1) y (2) debe aplicarse una corrección a los valores observados si se desea obtener la optima determinación

de la resistencia desconocida R. Estos términos de corrección se derivan como sigue:

**Método 1:**

El voltaje observado es la suma de los voltajes a través de la resistencia y del amperímetro (Fig. 1):

$$V = I_1.R + I_1.R_a$$

donde V es el voltaje observado a través de R y R<sub>a</sub> e I<sub>1</sub> es la corriente leída en el amperímetro. Por lo tanto la resistencia verdadera R esta dada por:

$$R = \frac{V}{I_1} - R_a \quad (4)$$

pero,

$$R_1 = \frac{V}{I_1} \quad (5)$$

Donde R<sub>1</sub> es la resistencia aparente, que se ha determinado directamente de las lecturas sin corregir, del voltímetro y amperímetro.

Reemplazando la ecuación (5) en la ecuación (4), se tiene:

$$R = R_1 - R_a \quad (6)$$

Multiplicando y dividiendo por R<sub>1</sub>:

$$R = R_1 \cdot \left( 1 - \frac{R_a}{R_1} \right)$$

El porcentaje de error cometido por el método 1:

$$\% = \frac{R_1 - R}{R_1} \cdot 100$$

**Método 2:**

Observando la figura (2) se tiene que:

$$I_2 = I + I_v$$

Donde:

**I:** Es la corriente que circula por la resistencia R.

**I<sub>2</sub>:** Es la corriente observada en el amperímetro.

**I<sub>v</sub>:** Es la corriente que circula por el voltímetro.

La resistencia aparente R<sub>2</sub> se calcula partiendo de las lecturas tomadas directamente en el voltímetro y el amperímetro.

$$R_2 = \frac{V}{I_2}$$

La resistencia verdadera R, viene dada por:

$$R = \frac{V}{I}$$

O sea,

$$R = \frac{V}{I_2 - I_v}$$

Pero,

$$I_v = \frac{V}{R_v}$$

Entonces,

$$R = \frac{V}{I_2 - V/R_v}$$

Pero,

$$V = I_2 \cdot R_2$$

Se tiene que:

$$R = \frac{I_2 \cdot R_2}{I_2 - \frac{I_2 \cdot R_2}{R_v}}$$

Dividiendo por  $I_2$ :

$$R = \frac{R_2}{1 - R_2/R_v}$$

Si el término  $(1 - R_2/R_v)$  se expande por el teorema binomial, la solución aproximada para  $R$  es:

$$R = R_2 ( 1 + R_2/R_v )$$

De la ecuación anterior se concluye que, la resistencia  $R$  verdadera es mayor que la resistencia  $R_2$  aparente.

El porcentaje de error cometido empleando el método 2 es:

$$\% = \frac{R_2}{R_v} \cdot 100$$

#### PROCEDIMIENTO:

Parte 1: CALCULO DE LA RESISTENCIA.

a- Monte el circuito que se muestra en la figura (1). Tome lecturas simultáneas de la corriente y del voltaje a través de la resistencia desconocida.

b- Monte el circuito que se muestra en la figura (2). Tome lecturas simultáneas de la corriente y del voltaje a través de la resistencia desconocida.

c- Con otras dos resistencias desconocidas, repita

los pasos (a) y (b) del procedimiento.

d- Mide los valores reales de las tres resistencias desconocidas que utilizó con un ohmetro.

Averigüe los valores de las resistencias internas de los aparatos de medida que utilizó.

e- Parte 2: EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA RESISTENCIA:

f- Monte el circuito que se muestra en la figura (3).

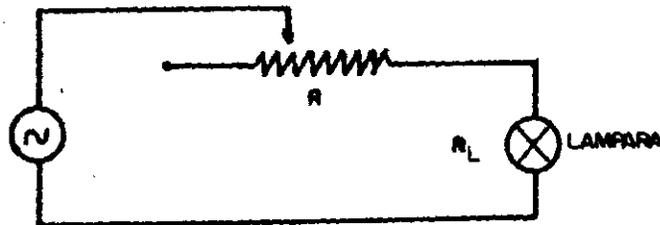


Fig. 3

Donde:

R: Reóstato de gran resistencia

R<sub>L</sub>: Lámpara de 100 watts.

Utilizando el método 1, calcule la resistencia de la lámpara.

g- Utilizando el método 2, calcule la resistencia de la lámpara.

h- Determine el porcentaje de error que se comete

utilizando los dos métodos y decida cual metodo da el resultado más exacto.

i- Empleando el método más exacto, ajuste el reóstato hasta que el voltaje a través de la lámpara sea suficientemente bajo, aproximadamente 20 volt. Observe y anote lo siguiente: Corriente, voltaje de entrada, voltaje de la lámpara, voltaje a través del reóstato.

j- Variando el voltaje a través de la lámpara, conseguido por la variación del reóstato, repita el numeral (i) del procedimiento por lo menos 10 veces.

#### PREGUNTAS:

1- Halle los valores de las tres resistencias desconocidas que empleó en la Práctica utilizando los dos métodos.

2- Determine el porcentaje de error cometido en los dos métodos para cada una de las tres resistencias utilizadas. Para cada caso, cual es el método más exacto?

3- Calcule el error relativo que se produce al hallar el valor de las tres resistencias por el método más exacto con respecto a los valores reales de las resistencias medidos con el ohmetro.

4- Haga una gráfica de resistencia de la lámpara contra la potencia de ella en papel milimetrado. Interprete esta gráfica.

b) Halle la eficiencia del circuito de la figura (3).

5- Demuestre analíticamente como depende la resistencia con la temperatura.

**42**

6- Para que casos el método 1 o el método 2 es mas exacto?. Explique.

## PUENTE DE WHEATSTONE

### OBJETIVO

- a) Utilizar el puente de Wheatstone para determinar el valor de las resistencias a partir de otras conocidas.
- b) Utilizar el puente de Wheatstone para calcular capacidades.

### EQUIPO:

Galvanómetro  
Voltímetro DC  
Amperímetro DC  
Reóstatos  
Condensadores  
Fuente DC

### TEORIA:

Los circuitos puentes se emplean extensamente para la medición de valores de componentes tales como resistencias, inductancias, capacidades y otros parámetros derivados de estos valores tales como frecuencia, ángulo de fase y temperatura.

Puesto que el circuito puente compara el valor de un componente desconocido, con otro exactamente conocido (patrón), se puede lograr una exactitud

muy alta en la medición; esto se debe a que la lectura de esta medición por comparación, basada en la medición nula en el balance del puente es esencialmente independiente de las características del detector de cero.

La exactitud de la medición esta directamente relacionada con la exactitud de las componentes del puente y no con la del detector. En las pruebas de alta precisión y en el campo de la calibración se introduce en principio del PUNTE DE WHEATSTONE y la medición de resistencias muy altas.

El puente tiene cuatro ramas resistivas, junto con una fuente DC y detector de cero, normalmente un galvanómetro, la corriente a través del galvanómetro depende de la diferencia de potencial entre los puntos A y B según la figura (1), el puente es balanceado cuando la diferencia de potencial a través del galvanómetro es cero volt de tal forma que no hay corriente a través de él.

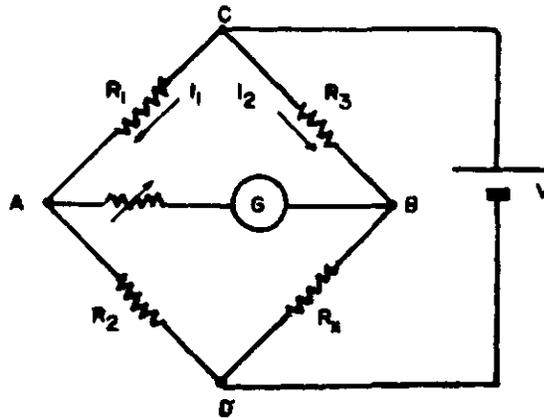


Fig. 1

Esta condición ocurre cuando el voltaje entre A y C es igual al voltaje entre B y C. (Punto de equilibrio).

$$I_{ab} = 0 \text{ entonces } V_{ab} = 0$$

Por lo tanto,

$$V_{ac} = V_{bc}$$

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_3 \quad (1)$$

$$V_{ad} = V_{bd}$$

$$I_1 \cdot R_2 = I_2 \cdot R_x \quad (2)$$

Dividiendo (1) entre (2):

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x}$$

De donde, la resistencia desconocida  $R_x$ , viene dada por:

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3$$

#### PUENTE DE KELVIN:

El puente de Kelvin, sirve para medir resistencias generalmente de menos de un ohmio.

El puente de Kelvin consta de una fuente de voltaje AC, dos resistencias, dos condensadores, una resistencia limitadora y un galvanómetro.

Las condiciones de equilibrio son idénticas a las del puente de Wheatstone.

El circuito que describe el puente de Kelvin es el

que se muestra en la figura (2).

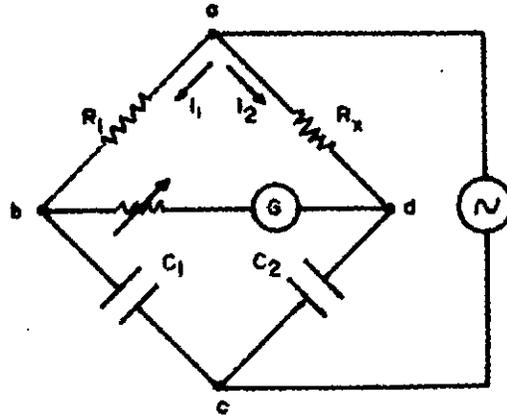


Fig. 2

En equilibrio se cumple que:

$$I_{bd} = 0$$

Por lo tanto,

$$V_{bd} = 0$$

o sea,

$$V_{ab} = V_{ad}$$

$$V_{bc} = V_{dc}$$

Pero,

$$V_{ab} = I_1 \cdot R_1$$

$$V_{ad} = I_2 \cdot R_x$$

$$V_{bc} = I_1 \cdot X_{c1}$$

$$V_{dc} = I_2 \cdot X_{c2}$$

donde:  $X_{c1}$ ,  $X_{c2}$  son las reactancias capacitivas de los dos condensadores.

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

Se tiene que:

$$\frac{R_1}{X_{c1}} = \frac{R_x}{X_{c2}}$$

Entonces, la resistencia desconocida  $R_x$ , viene dada por:

$$R_x = \frac{C_1}{C_2} \cdot R_1$$

PROCEDIMIENTO:

Parte 1: PUENTE DE WHEATSTONE

a- Monte el circuito del puente de Wheatstone de la figura (1).

La resistencia limitadora  $R_l$  sirve de protección para el galvanómetro contra una sobre corriente.

El galvanómetro determina el equilibrio del puente.

b- Luego se equilibra el puente variando las resistencias conocidas, hasta que la corriente que circule por el galvanómetro sea cero. En este instante el puente se encuentra en equilibrio. Después se quita el galvanómetro y la resistencia limitadora.

c- Compruebe que los voltajes:

$$V_{ac} = V_{bc} \quad \text{y} \quad V_{ad} = V_{bd}$$

d- Con un ohmetro tome las lecturas de las resistencias  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_x$ .

**Parte 2: PUENTE DE KELVIN.**

e- Monte el circuito de la figura (2).

f- Lleve el circuito a las condiciones de equilibrio.  
(El mismo procedimiento del puente de Wheatstone).

g- Compruebe que los voltajes:

$$V_{ab} = V_{ad} \quad \text{y} \quad V_{bc} = V_{cd}$$

h- Con un ohmetro tome las lecturas de las resistencias  $R_1$  y  $R_x$ .

Tome el dato de las capacidades de los condensadores  $C_1$  y  $C_2$ .

**PREGUNTAS:**

1- Halle el valor de la resistencia desconocida  $R_x$  con la relación del puente de Wheatstone. Calcule el error relativo y diga las posibles causas del error que se presenta.

2- Halle el valor de la resistencia desconocida  $R_x$  con la relación del puente de Kelvin. Calcule el error relativo y diga las posibles causas del error que se presenta.

3- Qué pasaría si se trabaja la segunda parte de la práctica con una fuente DC?.

4- Cómo se puede detectar la falla de una red telefónica de dos ciudades, sin necesidad de recorrer toda la línea.

5- Describa el funcionamiento del puente de Wien.

6- Analice la precisión y la sensibilidad del puente de Wheatstone cuando se incrementa la relación  $R_2/R_1$ .

## CONDENSADORES

### OBJETIVO:

Conocer el funcionamiento de los condensadores, clases, diferentes formas de conexión y aplicaciones.

### EQUIPO:

Reóstatos  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC  
Condensadores

### TEORIA:

El condensador es un dispositivo compuesto por dos conductores (placas) cargados con la misma magnitud pero de signos contrarios, separados por un dieléctrico.

La capacidad de un condensador se define como:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Donde:

Q: La carga de una de las placas.

V: Diferencia de potencial entre las placas.

**CONDENSADORES EN SERIE:**

Cuando un número de condensadores se conectan en serie, la carga en las placas de esos condensadores son iguales.

Supongamos que tres condensadores tengan capacidades  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$  respectivamente se colocan en serie, como se muestra en la figura (1).

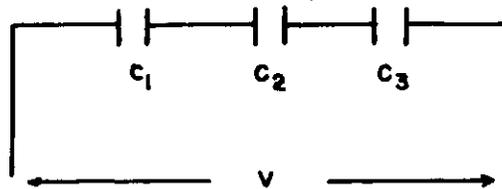


Fig. 1

Sea  $Q$  la carga de cada uno de los condensadores.

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 \\ V &= Q/C_1 + Q/C_2 + Q/C_3 \\ V &= Q(1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3) \\ V/Q &= 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \\ 1/C &= 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \end{aligned}$$

Donde:

$C$ : Es la capacidad equivalente.

**CONDENSADORES EN PARALELO:**

Cuando un número de condensadores se conectan en paralelo, la diferencia de potencial entre las placas de cada uno de los condensadores es la misma.

Supongamos nuevamente que tres condensadores se conectan en paralelo, como se muestra en la figura

52

(2).

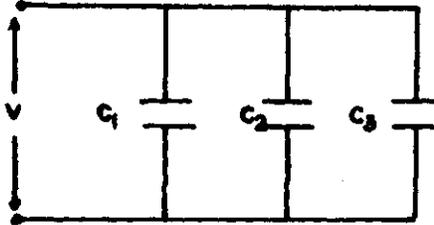


Fig. 2

Sea  $V$  la diferencia de potencial de cada uno de los condensadores.

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ Q &= C_1.V + C_2.V + C_3.V \\ Q &= V(C_1 + C_2 + C_3) \\ Q/V &= C_1 + C_2 + C_3 \\ C &= C_1 + C_2 + C_3 \end{aligned}$$

Donde:

$C$ : Es la capacidad equivalente.

PROCEDIMIENTO:

a- Monte el circuito que se muestra en la figura (3).

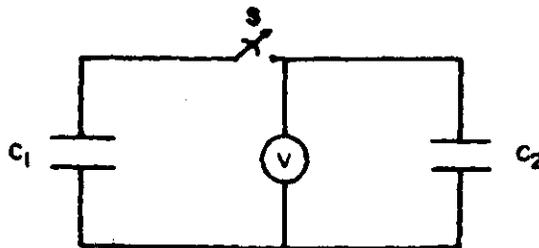


Fig. 3

b- Tome los datos de los valores de las capacidades de los dos condensadores que utiliza en el circuito de la figura (3).

c- Cargue el condensador C1 a una diferencia de potencial  $V_0$  volts (anote este valor), sin que sobrepase el valor nominal del condensador C1.

d- Luego quite la batería de carga y conecte el condensador C1 como se muestra en el circuito de la figura (3).

e- Cierre el interruptor s y registre el valor de la diferencia de potencial  $V$  entre las placas de los condensadores.

PREGUNTAS:

1- Con base al procedimiento que se hizo en la práctica, halle el valor del condensador C2. Determine el error relativo que se obtiene con respecto al valor nominal del condensador C2.

2- Cual es el valor de la energía almacenada antes y después de cerrar el interruptor s en los numerales (c), (d) y (e) en el procedimiento.

3- Explique que pasó con la pérdida de energía en el procedimiento.

4- Halle la capacidad de un condensador de placas no paralelas, donde el ángulo  $\theta$  es muy pequeño.



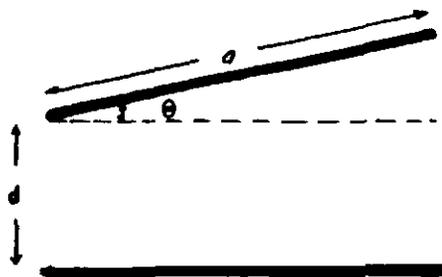


Fig. 4

5- Un condensador se carga usando una batería que después se desconecta, entonces se introduce un dieléctrico que llene totalmente el espacio entre las dos placas. Describir cualitativamente lo que ocurre a la carga, a la capacidad, la diferencia de potencial, la intensidad del campo eléctrico y a la energía almacenada. Sustente cada respuesta.

6- Mientras un condensador esta conectado a la batería de carga, se introduce una placa de dieléctrico entre las placas. Describir cualitativamente lo que ocurre a la carga, a la capacidad, a la diferencia de potencial, a la intensidad del campo eléctrico y a la energía almacenada. Se requiere trabajo para introducir la placa de dieléctrico?. Sustente cada respuesta.

## LEYES DE KIRCHHOFF

### OBJETIVO:

Comprobar las leyes de Kirchhoff y hallar la resistencia equivalente en un circuito que contenga agrupaciones de resistencias en serie y paralelo.

### EQUIPO:

Fuente DC  
Resistencias  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC

### TEORIA:

Las leyes de Kirchhoff es uno de los tantos métodos que existen para resolver circuitos eléctricos.

Estas leyes son:

a- La suma algebraica de las corrientes que concurren a un nodo es igual a cero.

Las corrientes que entran al nodo se consideran positivas y las corrientes que salen del nodo se consideran Negativas.



Fig. 1

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

b- La suma algebraica de los voltajes aplicados y las caídas de potencial en una malla cualquiera es igual a cero.

Los voltajes aplicados se consideran positivos y las caídas de potencial debidas a las resistencias se consideran negativas.

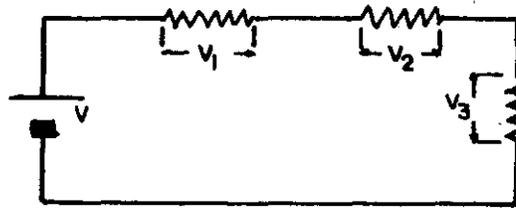


Fig. 2

$$V - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$



d- Mida los valores de las resistencias con un ohmetro, siempre y cuando el circuito esté abierto.

**PREGUNTAS:**

1- Calcule el error que se comete para cada malla y para cada nodo al comprobar las leyes de Kirchhoff.

2- Hallar la resistencia equivalente del circuito por métodos analíticos y compare con el valor dado experimentalmente. Calcule el error que se comete.

3- Cual es la forma mas correcta para la instalación eléctrica en una residencia; serie o paralelo. Porqué?

4- Una instalación para árbol de navidad consiste en varias bombillas conectadas en serie. Si se funde una de ellas que ocurre con la instalación. Como hallaría la bombilla fundida?

5- Si una instalación trabaja con máxima corriente que puede soportar, como introduciría una resistencia adicional para disminuir la corriente?

6- Si se tiene un circuito con dos resistencias en paralelo y se le adiciona otra en paralelo, que le ocurre a la corriente total del circuito?. Explique.

## CIRCUITO RC

### OBJETIVO:

Analizar el comportamiento de un circuito RC y determinar la constante de tiempo de descarga del condensador, empleando un cronómetro y luego con un osciloscopio.

### EQUIPO:

Condensador  
Cronómetro  
Reóstatos  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC  
Osciloscopio

### TEORIA:

Consideremos el circuito RC de la figura (1):

Cuando el interruptor S esta en la posición 1:

$$V = i \cdot R + Q/C$$

Pero:

$$i = dQ/dt$$

$$V = R \cdot \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}$$

$$\frac{dQ}{dt} + \frac{1}{R.C} \cdot Q = \frac{V}{R}$$

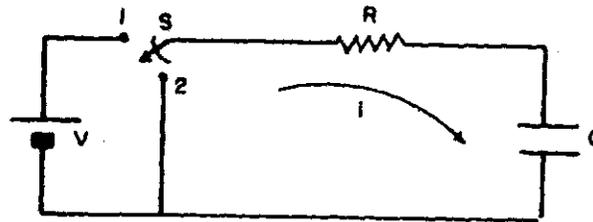


Fig. 1

La solución de la ecuación diferencial:

$$Q = C.V[1 - \exp[-t/(R.C)]] \quad (1)$$

$$V_c = V[1 - \exp[-t/(R.C)]]$$

La gráfica de la figura (2), indica que el voltaje  $V_c$  en el condensador aumenta en forma exponencial hasta obtener el mismo voltaje  $V$  de la fuente.

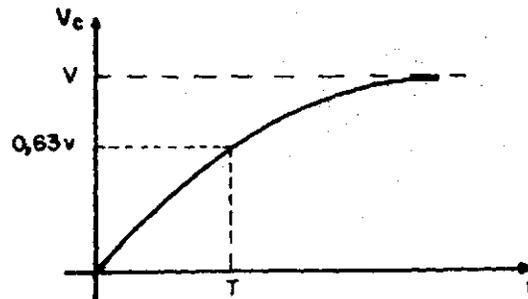


Fig. 2

Si hacemos  $t = R.C = T$  (Constante de tiempo):

$$V_c = V[1 - \exp(-1)]$$

$$V_c = 0.63 V$$

Lo anterior indica que la constante de tiempo capacitivo  $T$ , es el tiempo que tarda el condensador en obtener un 63 % del voltaje máximo  $V$ .

Analicemos que pasa con la corriente:

Derivando la ecuación (1) con respecto al tiempo:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{C.V}{R.C} \cdot \exp[-t/(R.C)]$$

$$i = \frac{V}{R} \cdot \exp[-t/(R.C)]$$

Graficamente:

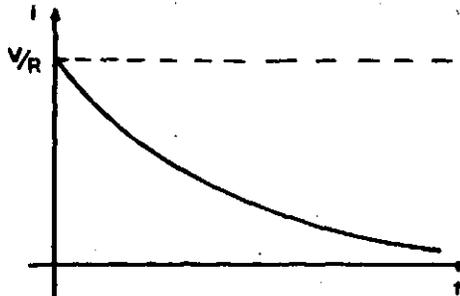


Fig. 3

La gráfica indica que en el instante inicial, la corriente que circula por el circuito es máxima de valor  $V/R$ , para luego ir disminuyendo en forma exponencial hasta el valor cero, debido a que el

62

voltaje en el condensador aumenta hasta ser igual al voltaje de la fuente.

Cuando el interruptor S pasa a la posición 2:

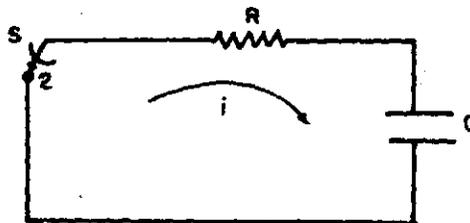


Fig. 4

$$0 = i.R + Q/C$$

$$0 = R \cdot \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}$$

$$\frac{dQ}{dt} + \frac{1}{R.C} \cdot Q = 0$$

La solución de la ecuación diferencial es:

$$Q = C.V.\exp[-t/(R.C)] \quad (2)$$

$$V_c = V.\exp[-t/(R.C)]$$

Graficamente:

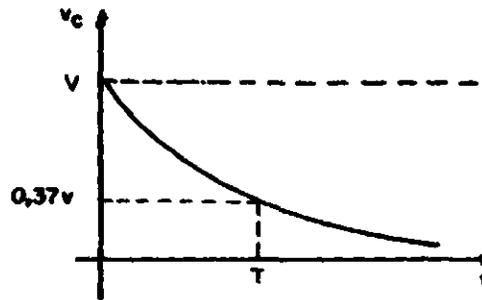


Fig. 5

La gráfica de la figura (5) indica que el condensador se descarga a través de la resistencia  $R$ , disminuyendo así el voltaje en forma exponencial.

Si hacemos  $t = R.C = T$  (Constante de tiempo)

$$V_c = V \cdot \exp(-1)$$

$$V_c = 0.37 V$$

Lo anterior indica que la constante de tiempo de descarga del condensador, es el tiempo que tarda en descargarse a un 37% del voltaje máximo.

Veamos que pasa con la corriente:

Derivando la ecuación (2) con respecto al tiempo:

$$\frac{dQ}{dt} = - \frac{C.V}{R.C} \cdot \exp[-t/(R.C)]$$

$$I = - \frac{V}{R} \cdot \exp[-t/(R.C)]$$

Graficamente:

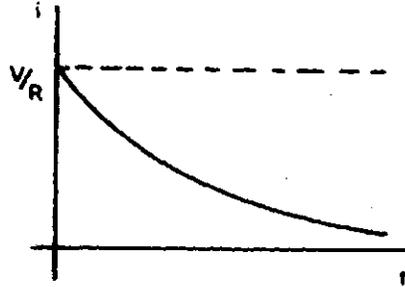


Fig. 6

La gráfica de la figura (6), indica que la corriente disminuye en forma exponencial, debido a que el condensador se descarga a través de la resistencia.

PROCEDIMIENTO:

a- Monte el siguiente circuito:

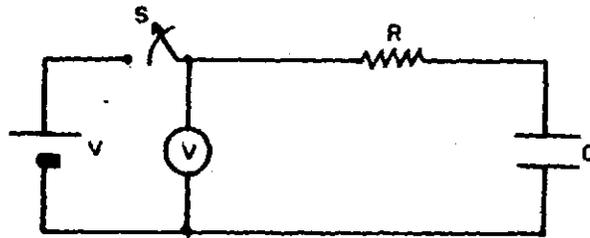


Fig. 7

b- Cargue el condensador por medio de una fuente DC a un voltaje  $V_0$  que no sobrepase el voltaje máximo del condensador.

Desconecte la fuente del circuito, entonces el condensador principiará a descargarse a través de la resistencia interna del voltímetro. Tome lecturas

del voltaje de descarga contra el tiempo por medio de un cronómetro; llenando una tabla como se muestra en la figura (8).

$V_c$										
$t$										

Fig. 8

c- Utilizando un generador de señales, alimente el circuito de la figura (7) con una onda cuadrada y observe las curvas de carga y descarga del condensador a través del osciloscopio.

PREGUNTAS:

1- Haga la gráfica en papel milimetrado con las lecturas obtenidas en el numeral (b) del procedimiento.

2- a) Por medio de la gráfica halle la constante de tiempo de descarga del condensador.

b) Utilizando la pendiente de la curva, halle nuevamente la constante de tiempo. Compare los dos resultados.

c- Halle los errores que se presenta con respecto al valor teórico.

3- Que ocurre con la energía almacenada en el condensador cuando se desconecta la fuente de alimentación en el circuito de la figura (7)?.

4- Si en el condensador existe un dieléctrico, como

66

explica entonces que en el circuito hay continuidad de la corriente durante un pequeño intervalo de tiempo?.

5- Como se comporta el circuito RC en el estado transitorio y en el estado estacionario?.

6- Analice el comportamiento del circuito RC si se alimenta con una fuente AC, cuyo voltaje es:  $v = V \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$ ?.-

## CIRCUITO RL

## OBJETIVO

Analizar el comportamiento de un circuito RL y determinar la constante de tiempo de descarga de la bobina, empleando un cronómetro y luego con un osciloscopio.

## EQUIPO:

Bobina  
Cronómetro  
Reóstatos  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC  
Osciloscopio.

## TEORIA:

Consideremos el circuito RL de la figura (1).

Cuando el interruptor S esta en la posición 1.

$$V = i.R + L. \frac{di}{dt}$$

$$\frac{V}{L} = \frac{R}{L} \cdot i + \frac{di}{dt}$$

La solución de la ecuación diferencial es:

$$i = \frac{V}{R} \cdot [1 - \exp[-(R/L).t]] \quad (1)$$

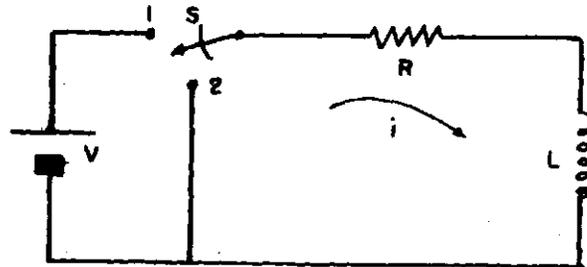


Fig. 1

La gráfica de la figura (2), indica que la corriente en la bobina aumenta en forma exponencial hasta obtener el valor máximo de la corriente  $V/R$ .

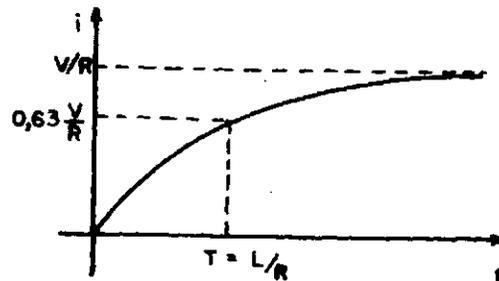


Fig. 2

Si hacemos  $t = L/R = T$  (Constante de tiempo):

$$i = \frac{V}{R} \cdot [1 - \exp(-1)]$$

$$i = 0.63 V/R$$

Lo anterior indica que la constante de tiempo inductivo  $T$ , es el tiempo que tarda la bobina en obtener un 63% de la corriente máxima.

Analicemos que pasa con el voltaje de la bobina:

Derivando la ecuación (1) con respecto al tiempo:

$$\frac{di}{dt} = \frac{V \cdot R}{R \cdot L} \cdot \exp[-(R/L) \cdot t]$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{V}{L} \cdot \exp[-(R/L) \cdot t]$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} = V \cdot \exp[-(R/L) \cdot t]$$

Pero:

$$V_l = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Donde:

$V_l$ : Voltaje en la bobina.

Por lo tanto:

$$V_l = V \cdot \exp[-(R/L) \cdot t]$$

Gráficamente:

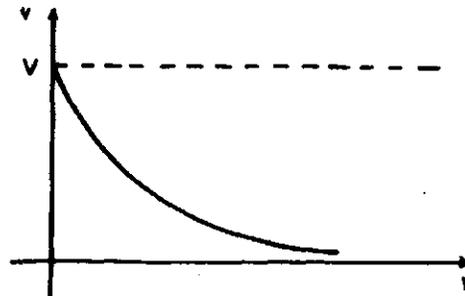


Fig. 3

La gráfica de la figura (3), indica que en el instante inicial, el voltaje  $V_L$  en la bobina es igual a  $V$  para luego ir disminuyendo en forma exponencial hasta el valor cero, debido a que la corriente en la bobina aumenta hasta obtener un valor constante  $V/R$ .

Cuando el interruptor  $S$  pasa a la posición 2:

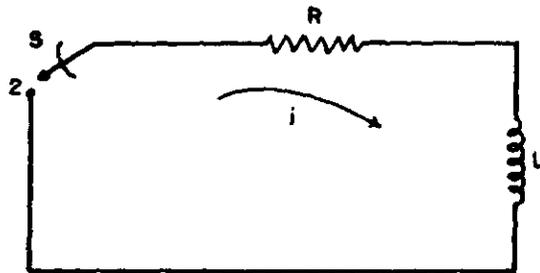


Fig. 4

$$0 = i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$0 = \frac{R}{L} \cdot i + \frac{di}{dt}$$

La solución de la ecuación diferencial es:

$$i = \frac{V}{R} \cdot \exp[-(R/L) \cdot t]$$

Graficamente:

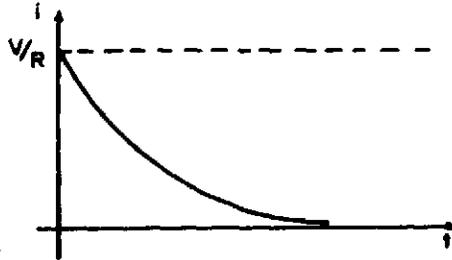


Fig. 5

La gráfica de la figura (5), indica que la bobina se descarga a través de la resistencia  $R$ , disminuyendo así la corriente en forma exponencial.

Si hacemos  $t = L/R = T$  (Constante de tiempo)

$$i = \frac{V}{R} \cdot \exp(-1)$$

$$i = 0.37 V/R$$

Lo anterior indica que la constante de tiempo de la bobina, es el tiempo que tarda en descargarse a un 37% de la corriente máxima.

Veamos que pasa con el voltaje en la bobina:

Derivando la ecuación (2) con respecto al tiempo:

$$\frac{di}{dt} = - \frac{V}{L} \cdot \exp[-(R/L).t]$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} = - V \cdot \exp[-(R/L).t]$$

Por lo tanto:

$$V_1 = -V \cdot \exp[-(R/L) \cdot t]$$

Graficamente:

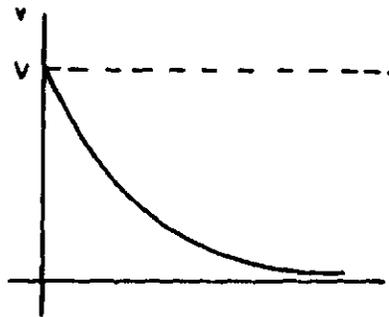


Fig. 6

La gráfica de la figura (6), indica que el voltaje disminuye en forma exponencial, debido a que la bobina se descarga a través de la resistencia.

PROCEDIMIENTO:

a- Monte el siguiente circuito:

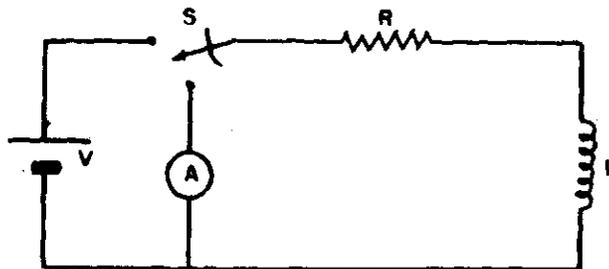


Fig. 7

b- Haga circular por la bobina una corriente que no sobrepase la corriente máxima que puede soportar la bobina.

Desconecte la fuente del circuito, entonces la bobina principiará a descargarse a través de la resistencia interna del amperímetro. Tome lecturas de la corriente de descarga contra el tiempo por medio de un cronómetro; llenando una tabla como se muestra en la figura (8).

i									
t									

Fig. 8

c- Utilizando un generador de señales, alimente el circuito de la figura (7) con una onda cuadrada y observe las curvas de carga y descarga de la bobina a través del osciloscopio.

d- Con un ohmetro halle la resistencia del amperímetro.

**PREGUNTAS:**

1- Haga la gráfica en papel milimetrado con las lecturas obtenidas en el numeral (b) del procedimiento.

2- a) Por medio de la gráfica halle la constante

de tiempo de descarga de la bobina.

b) Utilizando la pendiente de la curva, halle nuevamente la constante de tiempo. Compare los dos resultados.

c) Halle los errores que se presenta con respecto al valor teórico.

3- Que ocurre con la energía almacenada en la bobina cuando se desconecta la fuente de alimentación en el circuito de la figura (7)?.

4-Halle la inductancia de la bobina.

5- Como se comporta el circuito RL en el estado transitorio y en el estado estacionario?.

6- Analice el comportamiento del circuito RL si se alimenta con una fuente AC, cuyo voltaje es:  $v = V \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$ ?

## OSCILOSCOPIO Y RECTIFICADORES

### OBJETIVO:

Conocer el funcionamiento del osciloscopio y su aplicación en la rectificación de la corriente utilizando diodos rectificadores.

### EQUIPO:

Osciloscopio  
Transformador  
Resistencia  
Condensador  
Diodos rectificadores

### TEORIA:

#### **Parte 1: EL OSCILOSCOPIO**

El osciloscopio o también llamado oscilógrafo de rayos catódicos, contiene un tubo de rayos catódicos encargado de convertir una señal electrónica en una visual.

Un tubo de rayos catódicos está compuesto por una ampolla de vidrio duro, en forma de embudo, en el cual se ha practicado un alto vacío. En el interior del tubo se encuentra: El cañón electrónico, donde se producen, encauzan y aceleran los electrones. El sistema de deflexión electrostática y electromagnética, donde se desvían los electrones de su trayectoria inicial.

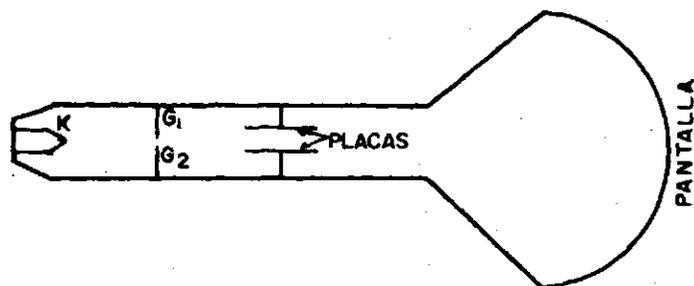


Fig. 1

La pantalla fluorescente, sobre la que incide el haz de electrones y se producen puntos luminosos.

El cátodo K emite los electrones por emisión termoiónica, la rejilla G1 controla el flujo de electrones según el propio potencial negativo, G2 es el electrodo acelerador debido a su negatividad acelera los electrones. El ánodo focal y el acelerador actúan como un sistema de lentes, encauzando los electrones según un estrecho haz, proyectándolos hacia la pantalla fluorescente. Si no existiera el sistema de deflexión, el haz de electrones chocaría con la pantalla en el centro. Pero se tienen unas placas y bobinas deflectoras que se forma un campo electrostático o electromagnético que desvía la trayectoria del haz de electrones. Al chocar el haz de electrones contra la pantalla, produce un punto de destello.

Por la persistencia de imágenes en la retina, al aplicar una corriente alterna se observa en la pantalla una línea luminosa vertical no interrumpida. Análogamente, a una tensión alterna aplicada en las placas de deflexión horizontal desviaría periódicamente el haz de electrones hacia la izquierda

y la derecha de modo que en la pantalla veríamos una línea luminosa horizontal continua.

## Parte 2: RECTIFICADORES

Un DIODO es la unión de dos semiconductores de tipo P y de tipo N llamados así porque han sido previamente dopados con ciertas impurezas.

SEMICONDUCTOR TIPO P: Resulta cuando se le agrega a un semiconductor como el germanio o silicio los cuales poseen cuatro electrones de valencia con un elemento trivalente, la unión tiene un electrón menos que los necesarios para establecer los ocho electrones quedando un hueco en el enlace.

Esta unión conduce por el movimiento de los huecos que se comportan como cargas positivas.

SEMICONDUCTOR TIPO N: Resulta cuando se le agrega a un semiconductor como el germanio o silicio los cuales poseen cuatro electrones de valencia con un elemento pentavalente, la unión tiene un electrón de más, relativamente libre dentro de la red cristalina, por lo que el semiconductor conduce por el movimiento de estos electrones.

Si un diodo se conecta a los terminales de una batería como se muestra en la figura (2) se dice que el diodo está polarizado directamente y conduce corriente.

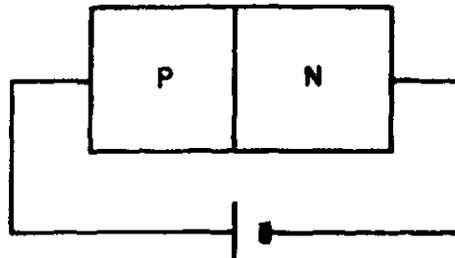


Fig. 2

Si el diodo se conecta a los terminales de una batería como se muestra en la figura (3), se dice que el diodo está polarizado inversamente y no conduce corriente.

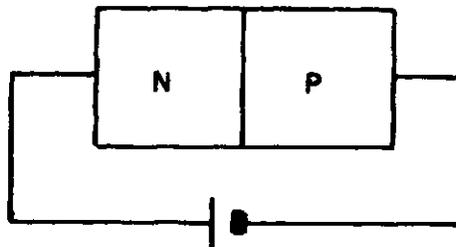


Fig. 3

El símbolo eléctrico de un diodo rectificador es como se muestra en la figura (4).

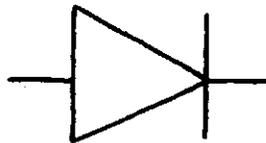


Fig. 4

#### PROCEDIMIENTO:

##### a- Parte 1: OSCILOSCOPIO

Encienda el osciloscopio. Familiarícese con el osciloscopio y entienda el principio físico de su funcionamiento (no necesariamente los circuitos electrónicos que se usan) y entérese de la utilidad

de los botones de control del aparato.

b- Monte el circuito que se muestra en la figura (5).

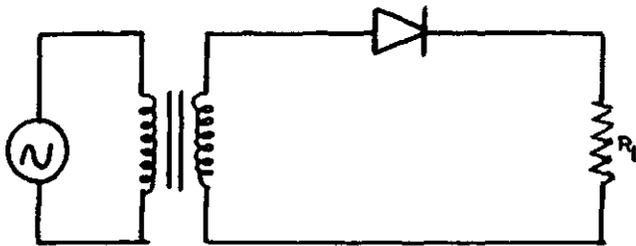


Fig. 5

c- Con el osciloscopio observe las forma de la señal eléctrica en el secundario del transformador y entre los terminales de la resistencia de carga  $R_L$ .

d- Monte el circuito de la figura (6).

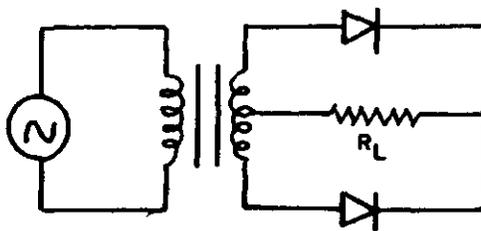


Fig. 6

e- Repita el numeral (c) del procedimiento.

f- Monte el circuito de la figura (7).

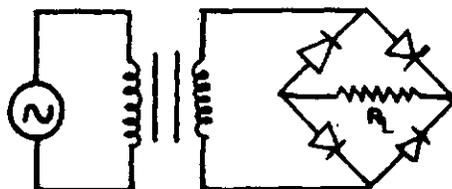


Fig. 7

g- Repita el numeral (c) del procedimiento.

PREGUNTAS:

- 1- a) Describa detalladamente el funcionamiento del circuito del numeral (b) del procedimiento.  
b) Haga una gráfica de las señales eléctricas que observó en el osciloscopio.
- 2- a) Describa detalladamente el funcionamiento del circuito del numeral (d) del procedimiento.  
b) Haga una gráfica de las señales eléctricas que observó en el osciloscopio.
- 3- a) Describa detalladamente el funcionamiento del circuito del numeral (f) del procedimiento.  
b) Haga una gráfica de las señales eléctricas que observó en el osciloscopio.
- 4- Para que se utiliza un condensador conectado en paralelo con la resistencia de carga  $R_L$ ?
- 5- Cuando se utiliza el circuito de la figura (6) y cuando el circuito de la figura(7)?.
- 6- Que es un filtro. Diseñe un circuito de filtro.

## ELECTROMAGNETISMO

### OBJETIVO:

Comprobar experimentalmente las leyes del electromagnetismo y sus aplicaciones prácticas.

### EQUIPO:

Fuente DC  
Fuente AC  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Amperímetro AC  
Voltímetro AC  
Transformador  
Bobinas

### TEORIA:

#### a) LEY DE AMPERE:

Una corriente que pasa por un conductor produce efectos magnéticos. El campo magnético producido por una corriente en un alambre puede intensificarse dando al alambre la forma de una bobina, de muchas vueltas e introduciéndole a esta un núcleo de hierro.

El espacio en la vecindad de un imán o cerca de un conductor por el cual circula una corriente es el asiento de un campo magnético; las líneas de inducción del campo magnético son circulares alrededor del conductor, como se muestra en la figura (1).



Fig. 1

Cuando se investiga este campo experimentalmente, se encuentra que obedece a una relación particular simple, partiendo de la simetría cilíndrica del conductor, se tiene que:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I$$

Donde

**B**: Inducción magnética.

**dl**: Diferencial de longitud de la trayectoria cerrada.

$\mu_0$ : Constante de permeabilidad magnética en el vacío.

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Weber}}{\text{Amp.mt}}$$

**I**: Corriente neta encerrada por la trayectoria.

b) LEY DE BIOT-SAVART:

Esta ley es una generalización de la ley de ampere, que permite hallar un campo magnético en la vecindad de un conductor independientemente de su forma. Como se muestra en la figura (2).

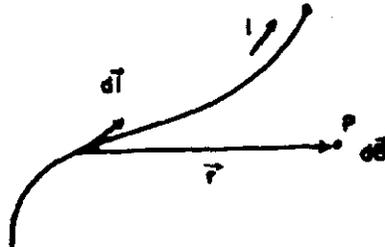


Fig. 2

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r}$$

## c) LEY DE FARADAY:

Esta ley dice que la fuerza electromotriz inducida en un circuito es igual al valor negativo de la rapidez con que varía el flujo magnético en la unidad de tiempo.

$$e = - N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

## PROCEDIMIENTO:

a- Monte el circuito que se muestra en la figura (3) y observe como es el campo magnético en la vecindad del conductor.

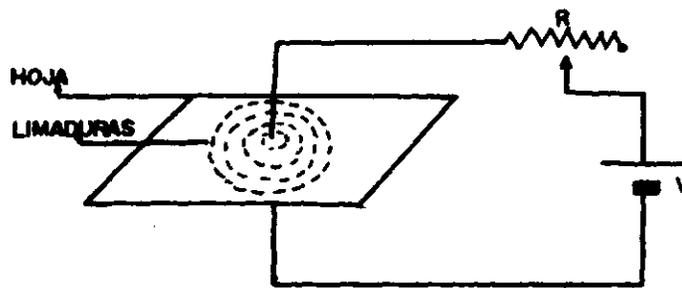


Fig. 3

b- Construya un electroiman. Varie la corriente que llega al electroiman. Que observa?

c) Construya un transformador utilizando el carrete de inducción. Tome las siguientes lecturas: Voltaje en el primario, voltaje en el secundario y el número de espiras de la bobina secundaria.

d- Con el carrete de inducción observe el principio de funcionamiento del soldador eléctrico.

e- Con el pequeño toroide que tiene conectado un bombillo, y el carrete de inducción verifique la ley de faraday.

f- Con el carrete de inducción observe el principio de funcionamiento del contador de energía.

g- Coloque en el núcleo del carrete de inducción algunos aros metálicos. Qué le ocurre a estos aros?

h- Conecte las bobinas de helmoltz a una fuente DC y halle el valor del campo magnetico en el centro de las bobinas por medio de un gaussímetro.

Tome las siguientes medidas:

Corriente en la bobina

Diámetro de la bobina  
Número de espiras de cada bobina  
Distancia de separación entre las dos bobinas.

PREGUNTAS:

- 1- a) Calcule el número de espiras del primario del transformador del numeral (c) del procedimiento.  
b- Calcule analíticamente el campo magnético en el centro de la bobina de Helmholtz del numeral (h) del procedimiento. Compare los dos valores.
- 2- Cuáles son las clases de pérdidas de un transformador y en que consiste cada una ellas?.
- 3- Porqué no se debe alimentar un transformador con corriente continua ?. Explique.
- 4- Explique detalladamente los fenómenos que ocurre en los numerales (d), (e), (f) y (g).
- 5- Que son corrientes de Foucault?
- 6- Demuestre matemáticamente que el campo eléctrico inducido debido a la variación del flujo magnético es no conservativo.

## MOTORES Y GENERADORES

### OBJETIVO

Observar el principio de funcionamiento de los motores y generadores eléctricos.

### EQUIPO:

Motor  
Generador  
Galvanómetro  
Voltímetro AC  
Voltímetro DC  
Fuente DC  
Fuente AC

### TEORIA:

#### a) MOTOR ELECTRICICO:

El motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

Consta de una bobina por la cual se le hace circular una corriente colocada dentro de un campo magnético producido por un electroiman. Estableciéndose en la bobina una fuerza que a su vez se crea un torque haciendola girar.

La fuerza y el torque vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$\vec{F} = I \cdot \vec{L} \times \vec{B}$$

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

donde:

$$\mu = N \cdot I \cdot A.$$

b) GENERADOR ELECTRICO:

El generador eléctrico es una máquina que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

Por medios mecánicos se hace girar la bobina que se encuentra colocada dentro de un campo magnético producido por un electroimán, induciéndose una fuerza electromotriz en la bobina según la ley de Faraday.

Los motores y generadores eléctricos no difieren en los detalles esenciales ya que cada uno realiza una operación inversa al otro, siendo los componentes físicos comunes para ambos.

Las partes esenciales tanto del motor como del generador son:

**ESTATOR:** Es el electroimán que produce el campo magnético.

**ROTOR:** Es la parte móvil del motor o generador, viene a ser la bobina.

**COLECTOR:** Son una serie de láminas de cobre llamadas segmentos generalmente separadas por barras de grafito.

**ESCOBILLAS:** Pueden ser de carbón o metálicas, es por donde se alimenta el motor o por donde sale la

fuerza electromotriz inducida en el caso del generador.

PROCEDIMIENTO:

- a- Conocer las partes constitutivas de un motor eléctrico.
- b- Conocer las partes constitutivas de un generador eléctrico.
- c- Armar un motor serie de corriente continua como se muestra en la figura (1) y póngalo a funcionar.

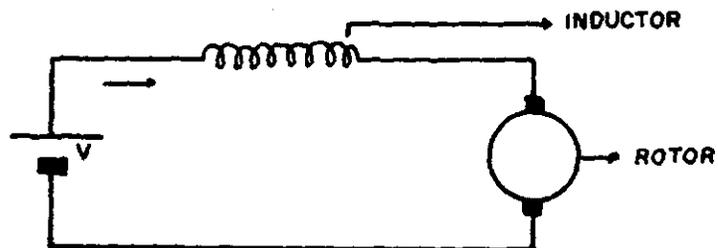


Fig. 1

- d- Armar un motor shunt de corriente continua como se muestra en la figura (2) y póngalo a funcionar.

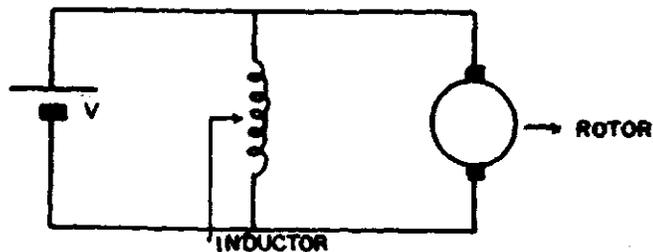


Fig. 2

e- Con un generador eléctrico obtenga voltajes de corriente alterna y de corriente continua a través de un galvanómetro.

PREGUNTAS:

- 1- Que es plano de conmutación en un motor?.
- 2- Qué es un motor síncrono?.
- 3- Qué es un motor de inducción?.
- 4- El rendimiento de un motor AC es función directa de la frecuencia de la corriente alterna?. Explique.
- 5- Que es fuerza contraelectromotriz?.
- 6- Qué es una dinamo?.

### CAMPO MAGNETICO CERCA DE UN ALAMBRE RECTO

#### OBJETIVO:

- a) Medir el campo magnético alrededor de un alambre recto por el cual circula una corriente y hallar su dependencia con la distancia al alambre y con la intensidad de la corriente.
- b- Calcular el campo magnético terrestre en Marizales.

#### EQUIPO:

Brújula  
Papel milimetrado  
Alambre recto largo  
Reóstatos  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC

#### TEORIA:

La relación cuantitativa entre la corriente  $I$  que circula por el alambre largo y el campo magnético  $B$  que se produce a una distancia  $r$  del alambre, según la ley de Ampere es:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Si se coloca una brújula a una distancia  $r$  del alambre, si no hay corriente en el alambre la aguja

de la brújula estará alineada con el campo magnético terrestre. Cuando pasa una corriente por el alambre, la aguja de la brújula se orienta en la dirección del campo resultante; como se observa en la figura (1).

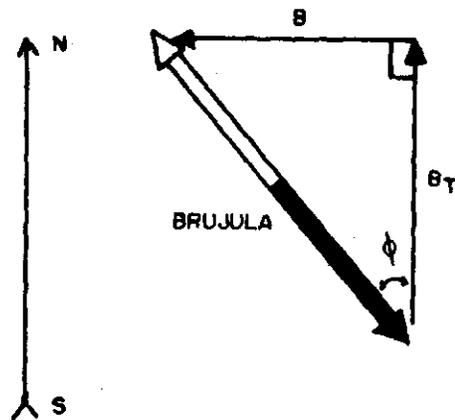


Fig. 1

$$\text{tag } \phi = \frac{B}{B_t \psi}$$

Donde:

**B:** Campo magnético del alambre.

**Bt:** Campo magnético terrestre.

Por lo tanto:

$$B_t = \frac{B}{\text{tag } \psi}$$

PROCEDIMIENTO:

a- Monte el esquema que se muestra en la figura (2).

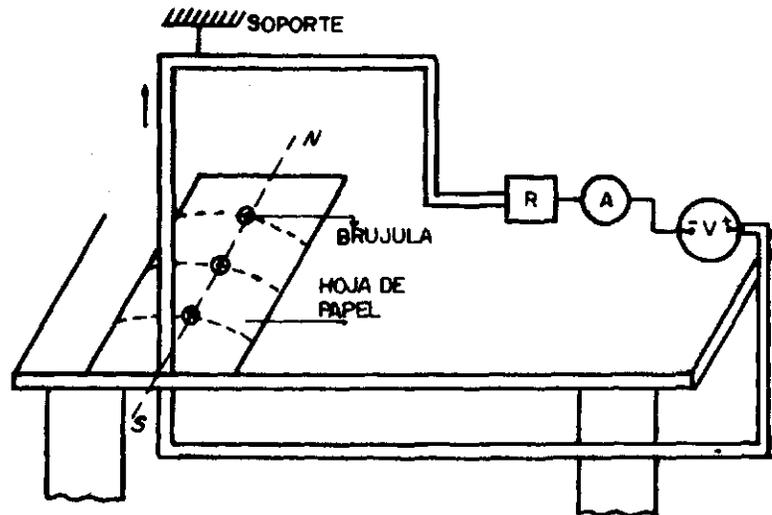


Fig. 2

b- Colocando una brújula sobre una hoja de papel milimetrado fija en la mesa, determine la dirección sur-norte del campo magnético terrestre. Sin conectar la fuente al circuito.

c- El alambre se coloca perpendicular al plano de la hoja de papel milimetrado y que pase por un punto de la línea sur-norte. Este punto donde el alambre corta la hoja de papel milimetrado será el punto de referencia para medir las distancias.

d- Coloque la aguja de la brújula sobre la línea sur-norte y ojalá marcando cero grados en la escala de la brújula.

e- Conecte la fuente y moviendo el reóstato observe que el amperímetro marque 4 amp.

f- Tome por lo menos 8 distancias diferentes desde 2 cmts en adelante (a lo largo de la línea sur-norte), mida en cada caso la distancia con respecto al punto de referencia y el ángulo de deflexión de la aguja.

Anote los datos en la tabla que se muestra en la figura (3).

r								
$\phi$								

Fig. 3

- g- Repita el numeral (f) del procedimiento pero invirtiendo el sentido de la corriente.
- h- De las dos tablas anteriores obtenga el valor promedio del ángulo  $\phi$  para cada distancia tomada.
- i- Repita los numerales (f), (g) y (h), pero con una corriente de 3 amp.

PREGUNTAS:

- 1- Con los datos tomados en el procedimiento, construya una gráfica en papel milimetrado de  $\tan \phi$  contra r para la corriente de 3 amp y en los mismos ejes de coordenadas haga la gráfica para la corriente de 4 amp. Interprete estas dos gráficas y obtenga una relación entre  $\tan \phi$  en función de r.
- 2- Al invertir el sentido de la corriente, que le pasará al campo magnético B?
- 3- Porque es necesario mantener la brújula lejos de equipos con corriente?.
- 4- Halle el valor promedio del campo magnético terrestre con los datos obtenidos en el procedimiento.

**94**

5- Cuál componente del campo magnético terrestre halló?. Porqué.

6- Los polos geográficos de la tierra y sus polos magnéticos coinciden?. Explique.

**BALANZA DE CORRIENTE****OBJETIVO:**

- a) Comprobar y medir la fuerza que se ejerce entre dos conductores por los cuales circula una corriente.
- b) Hallar la fuerza de atracción electrostática entre dos placas cargadas.

**EQUIPO:**

Reóstatos  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC  
Dos placas metálicas  
Conductores largos.

**TEORIA:**

Si una corriente  $I_a$  se envía a través de un alambre recto de longitud infinita se produce un campo magnético dado por:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I_a}{2 \cdot \pi \cdot d} \quad (1)$$

Donde:

$\mu_0$ : Constante de permeabilidad magnética en el vacío.  
 $I_a$ : Corriente que circula por el alambre.  
 $d$ : Distancia al centro del alambre

Si otro alambre que lleva otra corriente  $I_b$  se coloca paralelo al primero, experimenta una fuerza dada por:

$$F = I_b \cdot B \cdot L \quad (2)$$

Donde:

$I_b$ : Corriente que circula por el alambre.

$B$ : Campo magnético producido por el primer alambre.

$L$ : Longitud del alambre.

Si las dos corrientes que circulan por los dos alambres están en direcciones contrarias, los alambres se repelen entre si.

Reemplazando la ecuación (1) en (2), se tiene que la fuerza entre los dos alambres es:

$$F = \frac{\mu_0 I_a \cdot I_b \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot d} \quad (3)$$

En rigor, esta ecuación de la fuerza sólo es válida para conductores infinitamente largos, pero se supondrá que es suficientemente precisa para este experimento.

La ecuación (3) de la fuerza se usa para definir el Ampere en el sistema MKS. El ampere se define como sigue: "Un Ampere es la cantidad de corriente que fluye a través de dos conductores de longitud infinita, paralelos separados un metro en el vacío y que producen una fuerza de  $2 \times 10^{-7}$  Nw por cada metro".

PROCEDIMIENTO:

**Parte 1: BALANZA DE CORRIENTE:**

a) Monte el circuito que se muestra en la figura (1).

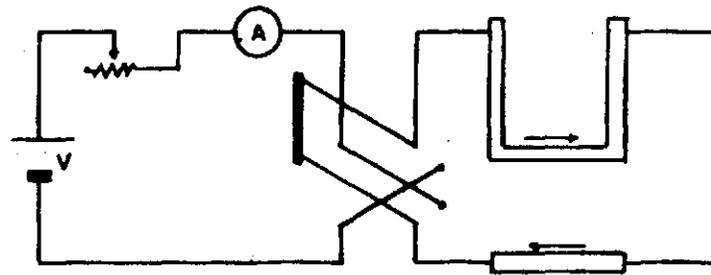


Fig. 1

La corriente  $I$  pasa en direcciones opuestas a través de los dos conductores horizontales paralelos conectados en serie.

El conductor inferior está fijo; el superior está balanceado unos milímetros arriba y suspendido por un contrapeso. El conductor superior sostiene un pequeño platillo sobre el cual se colocan pequeñas pesas que producen un descenso del conductor superior hacia el inferior.

Cuando se conecta e incrementa suficientemente la corriente, la repulsión entre los dos conductores hace que el conductor superior regrese a su posición de equilibrio. La posición del conductor se observa por medio de un espejo, un telescopio y una escala.

b- Mediante un ajuste cuidadoso de los dos conductores

se deberán alinear tan precisamente como se pueda.

c- Ajuste el contra peso hasta que el conductor superior este a pocos milímetros del conductor inferior.

d- Coloque el telescopio y la escala a una distancia conveniente del espejo. Ajuste el telescopio hasta que pueda ver la escala claramente. Registre el punto de equilibrio indicado por la retícula del telescopio.

e- Con incrementos de 5 miligramos, coloque pesas en el platillo. Ajuste la corriente hasta que la lectura de la escala regrese a su valor de equilibrio. Invierta la corriente y repita.

f- Mida la longitud del conductor superior.

#### Parte 2: BALANZA DE COULOMB:

g- La balanza de corriente que se describe en el experimento anterior se puede convertir en una balanza de Coulomb midiendo la fuerza electrostática entre dos placas con cargas opuestas. Los dos conductores se reemplazan por dos placas como se muestra en la figura (2).

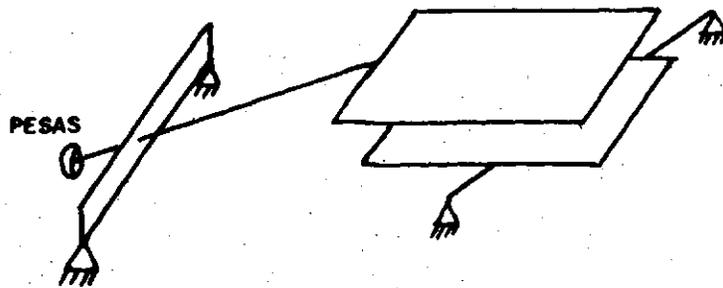


Fig. 2

h- Se aplica una diferencia de potencial entre las dos placas hasta de 200 Volt DC.

En una de las ramas del circuito se debe conectar una resistencia de 1 Mega ohmio para limitar la corriente en caso de que las dos placas se toquen accidentalmente.

i- Mida la fuerza entre las dos placas para diferentes potenciales, también mida el área de las placas y su separación.

PREGUNTAS:

1- Con los datos de la Balanza de corriente halle la constante de permeabilidad magnética. Halle el porcentaje de error.

2- Halle una expresión que permita calcular la fuerza de atracción electrostática entre las dos placas.

3- Con los datos de la Balanza de Coulomb halle la constante de permitividad eléctrica. Halle el porcentaje de error.

4- Haga una gráfica de  $F$  en función de  $I$ , y determine la pendiente de la curva resultante. A partir de la pendiente determine el valor de la constante de permeabilidad magnética. Calcule el porcentaje de error.

5- Que se está suponiendo cuando se usan las ecuaciones (1) y (2) en esta práctica?.

6- La constante de permitividad eléctrica y la constante de permeabilidad magnética son cantidades dadas o medidas?.

## EFECTO HALL

### OBJETIVO:

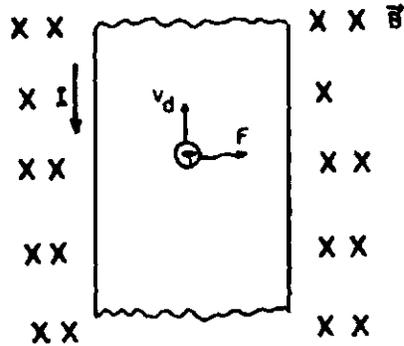
Determinar el signo de los portadores de carga en un conductor o en un semiconductor.

### EQUIPO:

Reóstatos  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC  
Electroiman  
Lámina de aluminio.

### TEORIA:

Cuando un conductor que lleva una corriente  $I$ , como se muestra en la figura (1), se coloca dentro de un campo magnético  $B$  perpendicular al conductor, se ejerce una fuerza lateral en los portadores de carga. Como resultado de esta fuerza, los portadores de carga se desplazan en dirección perpendicular tanto al campo magnético como a la dirección original del movimiento de los portadores de carga. De aquí los portadores de carga se agrupan en un extremo del conductor causando una diferencia de potencial transversal entre los puntos extremos  $x$  e  $y$ , conocida como Potencial Hall  $V_h$  y que se expresa como:



$$V_h = \frac{I \cdot B}{n \cdot e \cdot d} \quad (1)$$

Donde:

**I:** Corriente por el conductor.

**B:** Campo magnético

**d:** Espesor de la lámina

**n:** Número de portadores de carga por unidad de volumen.

PROCEDIMIENTO:

a- Monte el circuito que se muestra en la figura (2).

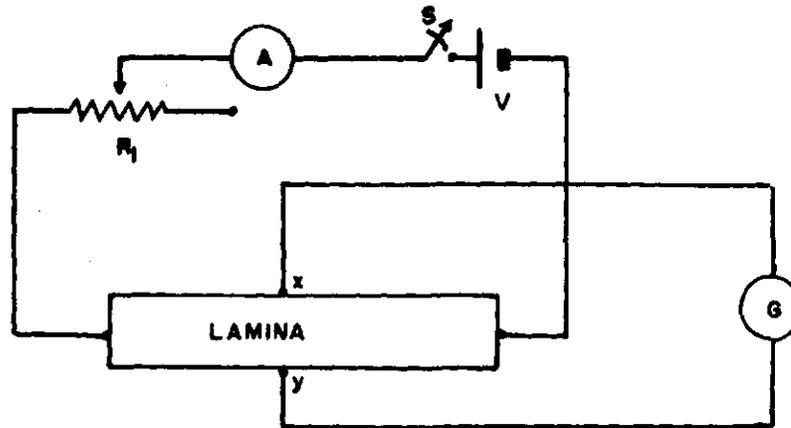


Fig. 2

b- Ajustando la resistencia  $R_1$ , tome las medidas de la corriente  $I$  y la correspondiente diferencia de potencial hall  $V_H$  obtenida en el galvanómetro para un campo magnético  $B$  constante. Anótelos en la tabla que se muestra en la figura (3).

$I$							
$V_H$							

Fig. 3

c- Repita el numeral (b) del procedimiento por lo menos 8 veces y anótelos en la tabla.

d- Mida el espesor del conductor, la anchura y la

distancia entre los puntos  $x$  e  $y$ .

**PREGUNTAS:**

1- Con esta práctica, saque una conclusión acerca del signo de los portadores de carga. Explique detalladamente.

2- Haga una gráfica en papel milimetrado de  $V_h$  en función de  $I$ , calcule el valor promedio del  $n$ . Compárelo con el valor real.

3- Deduzca la ecuación (1).

4- Utilizando la ecuación (1) se obtiene el valor exacto de  $n$ ?

5- Demuestre cual potencial Hall  $V_h$  es mayor, si en los metales o en los semiconductores.

6- De algunas aplicaciones del efecto Hall.

DETERMINACION DE  $e/m$  DEL ELECTRON

## OBJETIVO:

Determinar la relación entre la carga del electrón ( $e$ ) y su masa ( $m$ ), con el tubo de rayo electrónico filiforme.

## EQUIPO:

Tubo de rayo electrónico filiforme.  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC

## TEORIA:

Un campo magnético  $B$ , imprime a una carga  $e$  que se mueve con velocidad  $v$  una fuerza cuyo valor, en caso de ser perpendicular a  $B$  es:

$$F = e.v.B \quad (1)$$

Tal fuerza es de carácter central, esto es, no efectúa trabajo sobre el electrón. Al mismo tiempo esta fuerza obliga al electrón a tomar una trayectoria circular de radio  $r$ , en este caso:

$$F = \frac{m.v^2}{r} \quad (2)$$

De las ecuaciones (1) y (2) se deduce que:

$$v = \left(\frac{e}{m}\right).B.r \quad (3)$$

Por otra parte, en un campo eléctrico, cada electrón adquiere una energía cinética:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (4)$$

la energía potencial del electrón en el campo eléctrico es:

$$U = e \cdot V \quad (5)$$

Donde:

V: Voltaje aplicado para acelerar el electrón.

Por el principio de conservación de la energía, igualamos las ecuaciones (4) y (5):

$$v^2 = \frac{2 \cdot e \cdot V}{m} \quad (6)$$

Reemplazando (6) en (3):

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot V}{B^2 \cdot r^2}$$

PROCEDIMIENTO:

a- Ponga a funcionar el tubo de rayo catódico filiforme en un cuarto oscuro para poder observar el círculo luminoso que describe el electrón.

b- Tome las siguientes medidas:

Voltaje acelerador V.

Corriente para calcular el campo magnético.

Número de espiras de la bobina.

Radio de la bobina

Distancia de la bobina al centro del tubo.

c- Para medir  $r$ , se coloca un observador a una distancia aproximada de un metro del tubo y otro observador coloca una escala detrás de la esfera hasta que dos rayas coincidan tangencialmente con el círculo luminoso.

d- Tome por lo menos 10 valores de  $V, I, r$ .

PREGUNTAS:

1- Halle el valor promedio de  $(e/m)$ . Calcule el porcentaje de error que se comete.

2- Porque la fuerza  $F$  no hace ningún trabajo sobre la partícula?. Explique.

3- Porqué el electrón se mueve circularmente?.

4- Explique detalladamente como calcula el campo magnético que utiliza en la práctica.

5- Porqué se observa un círculo luminoso?.

6- Halle el valor de la velocidad del electrón que se mueve circularmente. El electrón irradia energía electromagnética?. Si es así, cual es la frecuencia de radiación?.

## EXPERIMENTO DE THOMPSON

### OBJETIVO:

Se investigará el efecto del campo eléctrico y el campo magnético combinados en partículas cargadas. Determinar la relación de carga respecto a la masa del electrón.

### EQUIPO:

Tubo de rayos catódicos.  
Amperímetro DC  
Voltímetro DC  
Fuente DC  
Bobina de Helmholtz

### TEORIA:

Los electrones o rayos catódicos los emiten un cátodo calentado indirectamente. Los acelera un potencial aplicado en el ánodo de un tubo de rayos catódicos.

En la región del tubo hay un campo magnético producido por una bobina circular y un campo eléctrico producido por unas placas que se encuentran cargadas.

Cuando la partícula cargada, como un electrón se mueve a través de este tubo, sufre una fuerza magnética lateral; y otra fuerza debido al campo eléctrico. Ver figura (1).

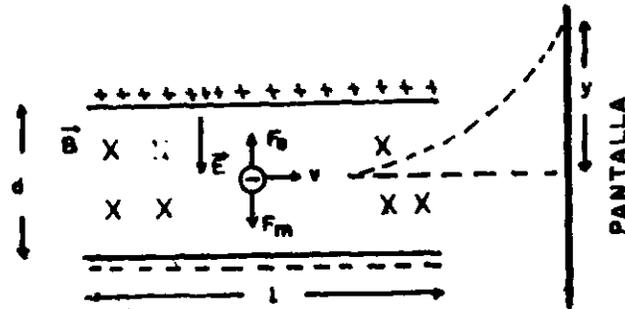


Fig. 1

Haciendo  $B$  igual a cero, la única fuerza sobre el haz electrónico es debida a la del campo eléctrico cuyo efecto es hacer desviar el haz en un movimiento parabólico; entonces:

$$y = \frac{a \cdot l^2}{2 \cdot v^2} \quad (1)$$

Donde:

$a$ : Aceleración electrostática  
 $l$ : Longitud de las placas.  
 $v$ : Velocidad de los electrones.  
 $y$ : Desviación del haz en la pantalla.

Pero:

$$a = f/m \quad \text{y} \quad f = E \cdot e$$

Donde:

$f$ : Fuerza electrostática.  
 $m$ : Masa del electrón  
 $E$ : Campo eléctrico entre las placas.  
 $e$ : Carga del electrón

Pero:

$$E = \frac{V}{d}$$

Donde:

**V:** Potencial aplicado en las placas.

**d:** Distancia de separación de las placas.

Entonces:

$$a = \frac{V \cdot e}{d \cdot m} \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1):

$$y = \frac{V \cdot e \cdot l^2}{2 \cdot v^2 \cdot d \cdot m} \quad (3)$$

Luego se coloca el campo magnético de tal forma que las dos fuerzas, la electrostática y la magnética se anulen sobre el haz electrónico. O sea:

$$F_m = F_e$$

Pero:

$$F_m = e \cdot v \cdot B \quad \text{y} \quad F_e = E \cdot e$$

Donde:

**B:** Campo magnético producido por la bobina

Entonces:

$$e \cdot v \cdot B = E \cdot e$$

De donde:

$$v = \frac{E}{B} \quad (4)$$

Igualando las ecuaciones (3) y (4):

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot V \cdot y}{B^2 \cdot l^2 \cdot d} \quad (5)$$

PROCEDIMIENTO:

a- Monte el esquema que se muestra en la figura (2).

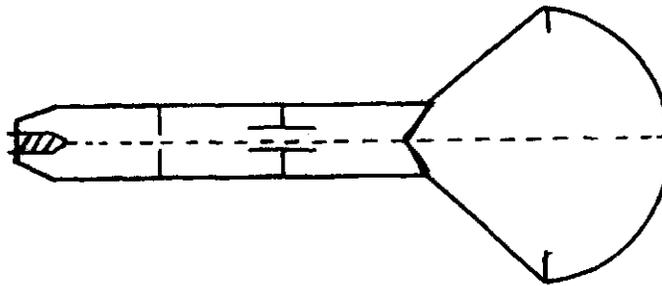


Fig. 2

b- Ponga a funcionar el tubo de rayos catódicos pero sin el campo magnético.

c- Mida la distancia entre el centro de la pantalla y el punto luminoso que aparece en la pantalla.

d- Mida el potencial suministrado al tubo de rayos catódicos.

e- Active el campo magnético, haciendo circular una corriente a través de la bobina de Helmholtz.

f- Varie el campo magnético (variando la corriente

que circula por la bobina) hasta que el haz electrónico luminoso se encuentre en el centro de la pantalla.

g- Tome las lecturas del potencial y de la corriente.

h- Tome los siguientes datos:

Distancia de separación de las placas.

Longitud de las placas.

Registre también todos los datos necesarios de la bobina de Helmholtz para poder calcular el campo magnético en el centro de la bobina.

PREGUNTAS:

1- Explique porque se pueden igualar las ecuaciones (3) y (4)?.

2- Calcule la relación de la carga del electrón respecto a su masa. Halle el porcentaje de error que se comete.

3- Explique como calcula el campo magnético para hallar la relación (e/m)?.

4- Analice matematicamente la trayectoria de los electrones si la velocidad del haz no es perpendicular al campo magnético.

5- Calcule la velocidad del haz electrónico que utilizó en la práctica.

6- Qué es el Ciclotron y para que se utiliza?.



## ONDAS ELECTROMAGNETICAS

### OBJETIVO:

Verificar experimentalmente la propagación y existencia de las ondas electromagnéticas en el aire creadas por un oscilador.

### EQUIPO:

Oscilador o carrete de inducción  
Tubo de Neón  
Lámina metálica

### TEORIA:

Un campo eléctrico variable produce un campo magnético, y a la inversa, un campo magnético variable produce un campo eléctrico. Si en un lugar del espacio se produce una perturbación electromagnética, ésta se propaga por todo el espacio circundante, constituyendo una onda electromagnética que es una combinación de un campo eléctrico y otro magnético, que oscilan continuamente y se regeneran entre si, propagandose en el espacio. Las ondas electromagnéticas tienen las propiedades de perpendicularidad y la mutua regeneración. La primera quiere decir, que cada que un campo magnético cambia, crea un campo eléctrico perpendicular a la dirección del cambio; y, análogamente, una modificación del campo eléctrico crea un campo magnético perpendicular a la dirección en que se produjo la modificación. Esto determina el carácter transversal de la onda. Como se muestra en la figura (1).

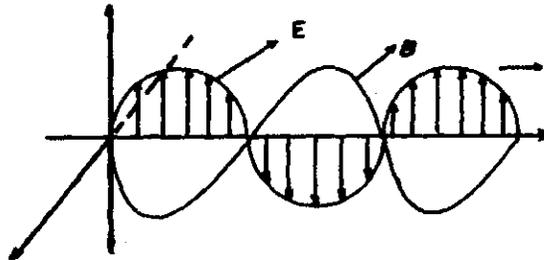


Fig. 1

La velocidad de propagación de una onda electromagnética en el vacío viene dada por:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \quad (1)$$

Donde:

$\epsilon_0$ : Permitividad eléctrica en el vacío.

$\mu_0$ : Permeabilidad magnética en el vacío.

En una onda electromagnética plana, la magnitud del campo eléctrico y del campo magnético están relacionadas por la expresión:

$$E = c \cdot B$$

La relación entre la frecuencia de la onda electromagnética y su longitud de onda viene dada por la siguiente expresión:

$$\lambda \cdot f = c$$

Hertz fué el primero en producir ondas electromagnéticas por medio de un circuito oscilante. El experimento que hizo Hertz fué el siguiente, como se muestra en la figura (2).

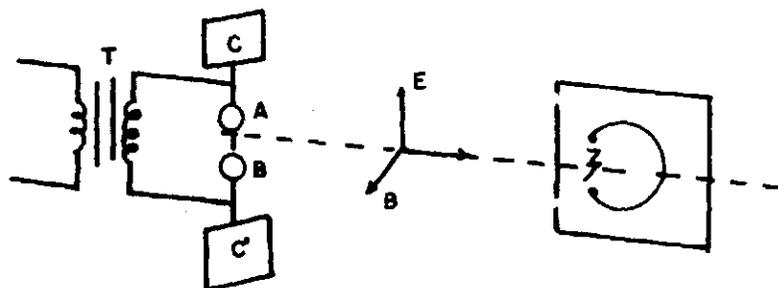


Fig. 2

Mediante un transformador T se cargan las placas metálicas C y C' que constituyen un capacitor. El capacitor se descarga a través de las pequeñas esferas A y B, entre las cuales salta una chispa al producirse la descarga que es oscilante.

Estas cargas equivalen a una corriente eléctrica oscilante que produce un campo electromagnético oscilante, esta oscilación se propagan en forma de ondas electromagnéticas en todas las direcciones. Hertz empleó un alambre en forma circular (resonador), pero con una pequeña separación entre sus extremos produciéndose una chispa entre ellos indicando la presencia de la onda electromagnética.

#### PROCEDIMIENTO:

a- Montar el aparato que se muestra en la figura (3).

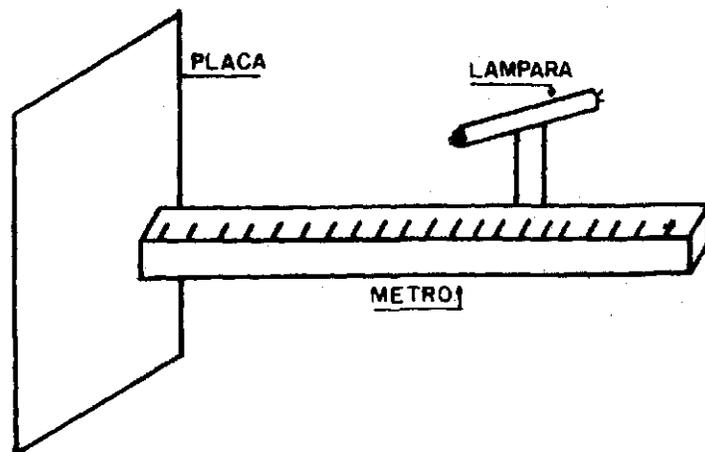


Fig. 3

b- Conectar el carrete de inducción, de tal manera que sus extremos queden como lo muestra la figura (4).

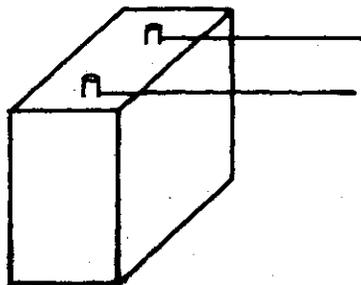


Fig. 4

Al encender dicho carrete, saltará la chispa encargada de iniciar la emisión de ondas electromagnéticas, tomando para el análisis aquellas

que van en la dirección de la placa para que estas se reflejen y obtener una onda electromagnética estacionaria.

c- Se toma el soporte del tubo de Neón y se desplaza hasta encontrar los puntos en que dicho tubo encienda. Tome las distancias entre cada par de puntos o nodos.

d- Repita el numeral (c) del procedimiento para obtener un promedio de las distancias entre los nodos.

PREGUNTAS:

- 1- Demuestre la ecuación (1).
- 2- Explique detalladamente porque en el resonador se produce una chispa en el experimento de Hertz.
- 3- El campo eléctrico en la onda electromagnética es o no conservativo?. Explique.
- 4- Halle la frecuencia de la onda electromagnética que generó en la práctica.
- 5- Porque en ciertos puntos el tubo de neón enciende mientras que en otros puntos no se enciende?. Explique.
- 6- Empleando las ecuaciones de Maxwell, halle la ecuación de la onda electromagnética.

SEGUNDA PARTE

**"APLICACIONES"**

### INTRODUCCION

A continuación se muestra algunos circuitos que pueden ser de mucha utilidad para poner en práctica la teoría que aprendió en la primera parte, y de paso le pueden servir para que los construya y darles alguna utilidad.

Trate de entender el funcionamiento de estos circuitos para que pueda hacerles alguna variación y así pueda mejorarlos para que se acomoden a sus necesidades.

## FUSIBLES

Se da el nombre de fusible a un trozo de conductor metálico que funde o derrite a baja temperatura, motivo por el cual se le coloca en serie con un circuito al que se desea intencionalmente interrumpir la circulación de corriente en caso de sobrecarga o corto circuito.

Como todo conductor, por bueno que sea, presenta algo de resistencia al paso de una corriente eléctrica, lo que hace que esta disipe potencia en forma de calor. Si el calor no es evacuado, y la sobrecorriente que lo produce persiste, aumenta la temperatura del elemento fusible hasta su punto de fusión, derritiéndose e interrumpiendo el paso de la corriente.

El símbolo eléctrico del fusible es:



### CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UN FUSIBLE:

Todos los fusibles comerciales, sin importar el tamaño y forma, tienen especificado en su cuerpo

la corriente límite, voltaje límite, y características de fusión.

Solo con un buen conocimiento de estos tres factores se logra la selección del fusible adecuado para la protección de un circuito determinado.

#### **CORRIENTE LIMITE:**

La corriente es un valor nominal expresado en amperios, o fracciones de amperio, establecido por el fabricante como el valor de corriente a que puede ser cargado el fusible, basado en ciertas condiciones impuestas por la oficina de control de calidad.

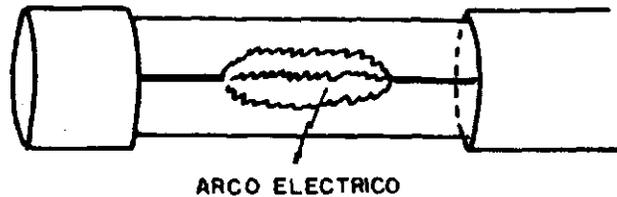
En la práctica, se aconseja seleccionar el rango del fusible a utilizar de tal manera que la corriente normal del circuito no sobrepase el 75% de su valor nominal, siempre y cuando la corriente de sobrecarga o corto circuito supere con ventaja el 100% de dicho valor (ojalá superior al doble, 200%, del valor nominal impreso en el fusible).

#### **VOLTAJE LIMITE:**

Cuando el fusible alcanza su temperatura de fusión, se derrite y cae en gotas al fondo del envase soporte. En el momento de la interrupción de la corriente se forma una chispa que ioniza el aire y tiende a establecer un arco eléctrico entre las dos puntas del fusible roto. Como ya se sabe, la longitud de un arco es directamente proporcional al voltaje presente en los extremos, siendo de unos pocos milímetros a cientos de voltios, o de más de una pulgada a 15000 voltios.

Se sabe también que los arcos eléctricos generan mucho calor cuando la corriente circulante es de cierto valor, facilitando la combustión y ocasionando

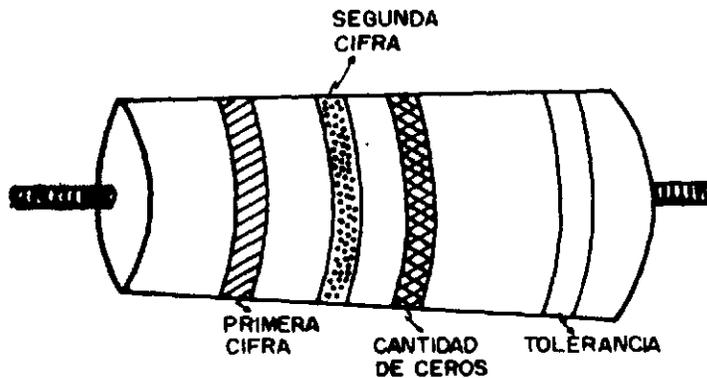
incendios con facilidad.



#### SELECCION DE UN FUSIBLE:

- a) El límite de amperaje estampado en el fusible debe sobrepasar siquiera en un 25% a la corriente normal de operación del circuito, en una temperatura promedio del ambiente de 25 grados centígrados; en zonas de mayor temperatura se puede exceder en un poco más.
- b) Para operación de circuitos en general, el voltaje especificado en el fusible debe ser igual, o mayor, al voltaje del circuito. Para protección de circuitos secundarios, en los cuales se conoce que la posible corriente de corto circuito no es mayor de 50 amperios y 10 veces la corriente normal de carga en el circuito, se puede usar fusibles con un voltaje impreso menor al presente en la práctica.

## CODIGO DE COLORES



Muchos componentes electrónicos de reducido tamaño y formas irregulares, tales como las resistencias y algunos tipos de condensadores, no permiten ser grabados con los valores correspondientes en letras y números, por lo cual se hubo de recurrir al empleo de franjas o puntos de color para significar el equivalente electrónico. Para el efecto se han codificado 10 colores con los números del 0 al 9.

Dichos colores se colocan en las resistencias, por ejemplo, a manera de franjas envolventes, comenzando en uno de los extremos y terminando mas o menos al centro con un anillo de color plata o de color dorado.

La primera franja del extremo hacia el centro corresponde al primer dígito significativo del valor en ohmios, o sea la cifra de mayor valor. La segunda franja representa la segunda cifra, y la tercera indica la cantidad de ceros que se debe agregar a los dos primeros números para obtener el valor aproximado de la resistencia.

La cuarta franja es un indicativo de la tolerancia o grado de exactitud del valor obtenido con el código de colores y el valor real de la resistencia al ser medida con un ohmetro. Los mas usuales son el plateado y el dorado. Si la cuarta franja es plateada, significa que la tolerancia de la lectura es mas o menos 10% del valor real (esto significa que realmente la resistencia puede tener un 10% mas o un 10% menos del valor indicado por las franjas de color. El dorado señala apenas un 5% de desviación).

En el caso de las resistencias menores de 10 ohmios, la franja de tolerancia aparece ocupando el tercer lugar del extremo hacia el centro. Si es dorada la franja mencionada, significa que se debe dividir por 10 la cifra obtenida con las dos primeras franjas. Los condensadores se leen lo mismo que las resistencias. La capacidad resultante por el código de colores equivale a Pico Faradios. En este caso la cuarta franja de color señala el máximo voltaje del condensador; así por ejemplo, en el caso de ser roja, quiere decir 200 voltios.

**EQUIVALENCIAS:**

<u>NUMERO</u>	<u>COLOR</u>
0	Negro
1	Cafe
2	Rojo
3	Naranja
4	Amarillo
5	Verde
6	Azul
7	Violeta
8	Gris
9	Blanco

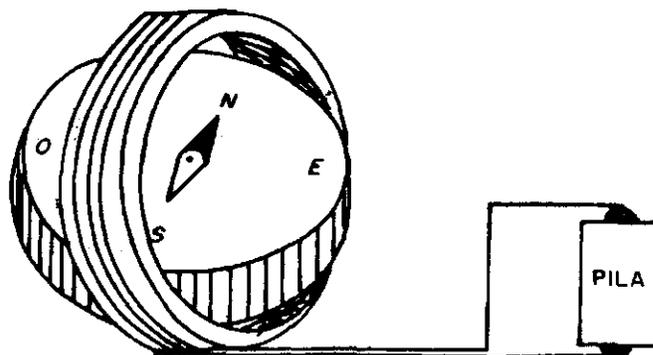
Por ejemplo:

Rojo-Amarillo-Naranja ..... 24000 ohmios.

### INDICADOR DE CORRIENTE

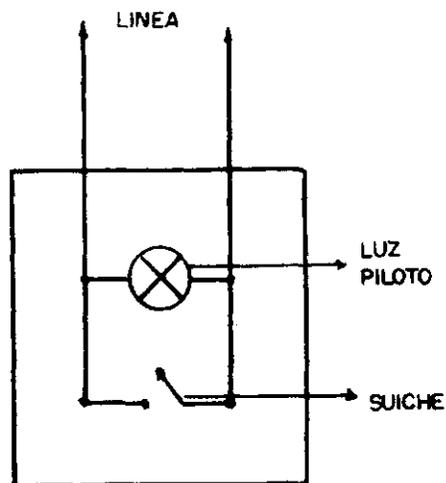
Con una brújula, alambre de cobre para embobinar de calibre 22 AWG, se puede construir un sencillo galvanómetro para detectar los campos magnéticos generados por toda corriente eléctrica que circule por la bobina del instrumento.

Para fabricar el galvanómetro solo es necesario arrollar el alambre conductor alrededor de la brújula, siguiendo la dirección de uno cualquiera de sus diámetros. Para facilitar el bobinado, se puede utilizar un trozo de tubo de cartón, tal como aparece en la figura.

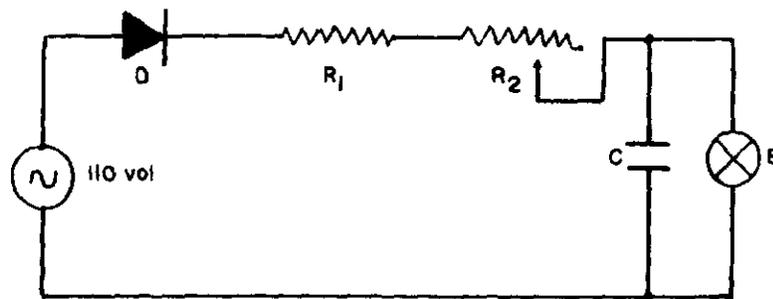


### INTERRUPTOR CON LUZ

Utilizando un simple piloto indicador de neón en paralelo con las dos líneas o tornillos del interruptor de la luz de una habitación se obtiene un bonito y práctico resultado: cuando todo se encuentra a oscuras, y los interruptores están apagados, se encienden los pilotos e indican a la persona que entra a la habitación en que punto se encuentra el interruptor. Es importante anotar que estos pilotos no consumen prácticamente nada de energía cuando se encuentran encendidos.



## LUZ INTERMITENTE



Las características de los elementos son las siguientes:

**D:** Diodo rectificador de 1 amperio como mínimo.

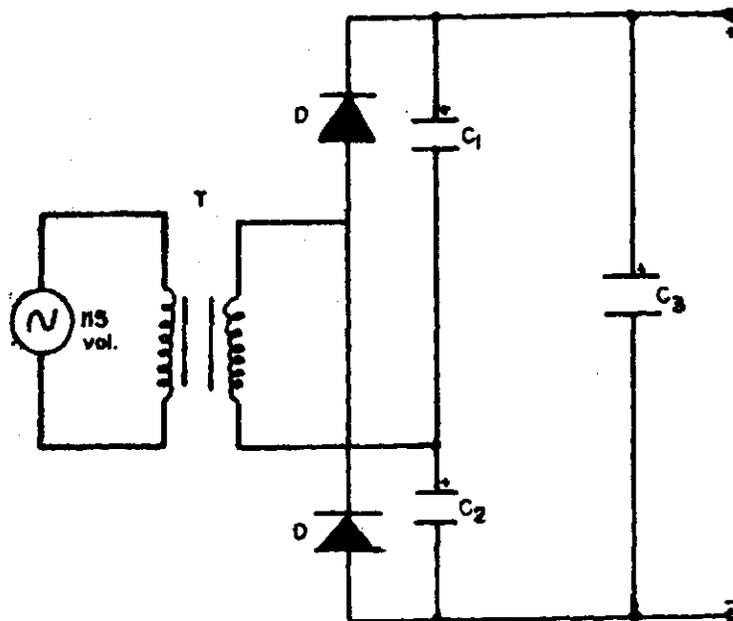
**R1:** Resistencia de 20 kilo ohmios.

**R2:** Potenciómetro de 100 kilo ohmios.

**C:** Condensador electrolítico de 50  $\mu F$  aproximadamente.

**B:** Bombillo de neón (luz piloto).

### DUPLICADOR DE VOLTAJE



Las características de los elementos son las siguientes:

**T:** Transformador, cuyo primario es de 115 voltios y en el secundario puede ser de 9 voltios AC.

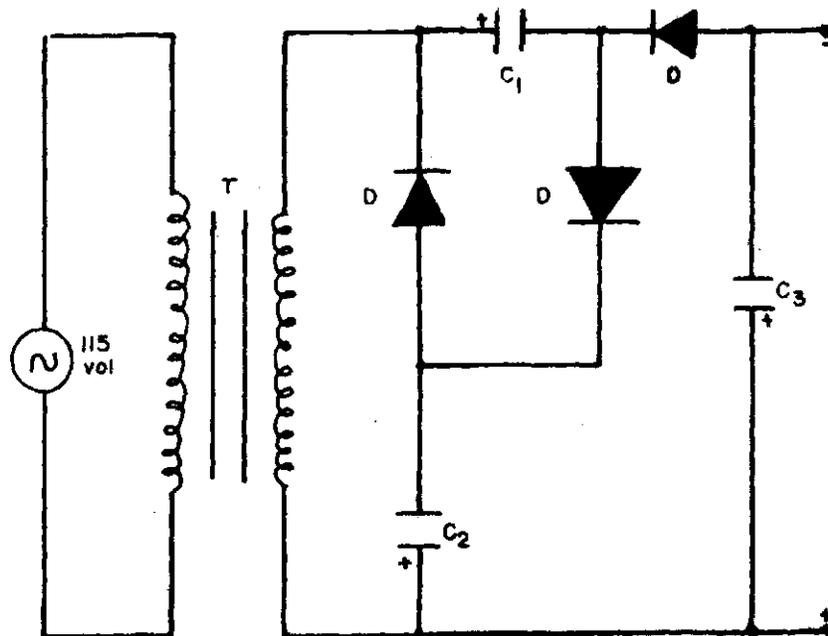
**D:** Diodo rectificador de 1 amperio como mínimo.

**C1:** Condensador electrolítico de  $470 \mu F$  aproximadamente.

**C2:** Condensador electrolítico de  $470 \mu F$  aproximadamente.

**C3:** Condensador electrolítico de  $1000 \mu F$  aproximadamente.

## TRIPLICADOR DE VOLTAJE



Las características de los elementos son las siguientes:

**T:** Transformador, cuyo primario es de 115 voltios y en el secundario puede ser de 9 voltios AC.

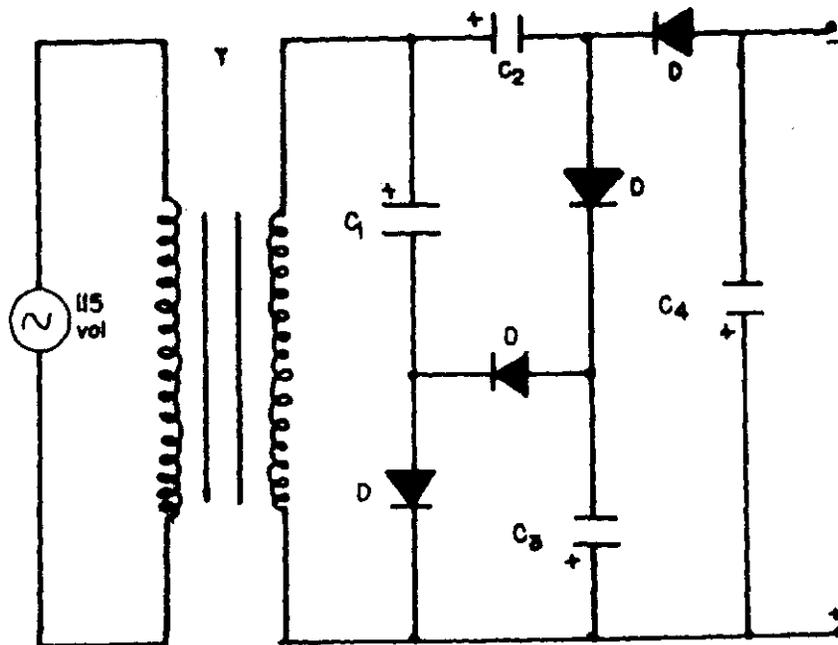
**D:** Diodo rectificador de 1 amperio como mínimo

**C1:** Condensador electrolítico de  $470 \mu F$  aproximadamente.

**C2:** Condensador electrolítico de  $470 \mu F$  aproximadamente.

**C3:** Condensador electrolítico de  $1000 \mu F$  aproximadamente.

## CUADRUPLICADOR DE VOLTAJE



Las características de los elementos son las siguientes:

**T:** Transformador, cuyo primario es de 115 voltios y en el secundario puede ser de 9 voltios AC.

**D:** Diodo rectificadore de 1 amperio como mínimo.

**C1:** Condensador electrolítico de  $470 \mu F$  aproximadamente.

**C2:** Condensador electrolítico de  $470 \mu F$  aproximadamente.

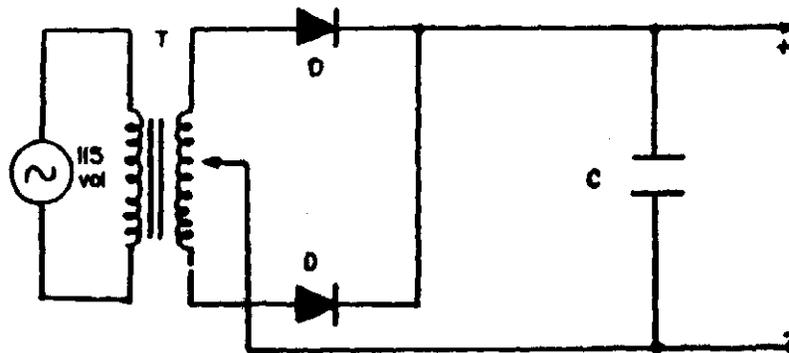
**C3:** Condensador electrolítico de  $470 \mu F$  aproximadamente.

**C4:** Condensador electrolítico de  $1000 \mu F$  aproximadamente.

## FUENTE DE VOLTAJE DC

## METODO 1:

Este método se utiliza en el caso de que el transformador tenga tres salidas en el secundario.



Los elementos utilizados en el circuito tienen las siguientes características:

T: Transformador reductor, cuya entrada en el primario sea de 115 voltios y en el secundario de 6,9 o 18 voltios AC.

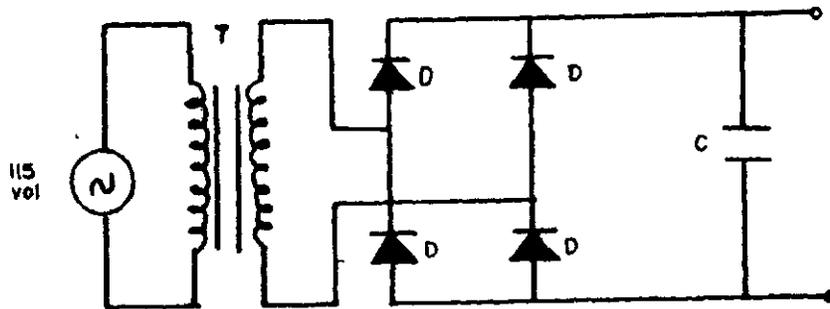
D : Diodo rectificador de 1 amperio como mínimo.

C : Condensador electrolítico de 1000  $\mu$  F.

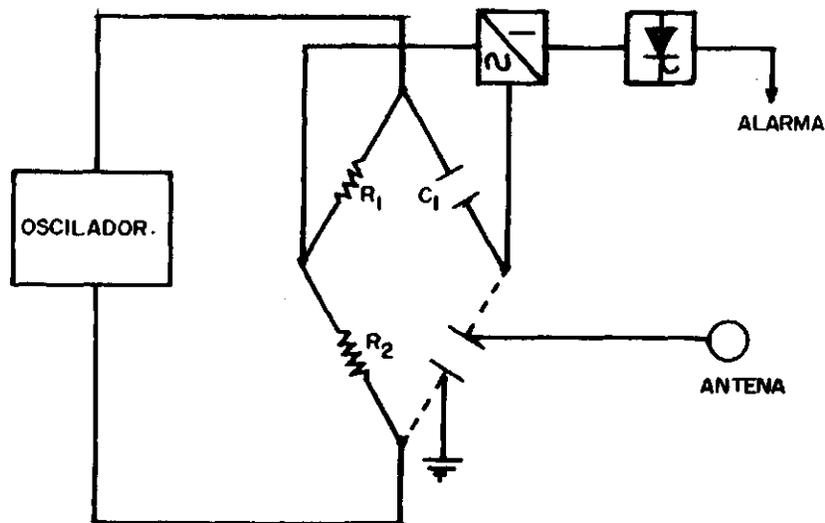
## METODO 2

Este circuito se utiliza en el caso de que el transformador tenga solamente dos salidas en el secundario.

Las características de los elementos que se utilizan en este circuito son las mismas del método 1.



## DETECTOR DE PRÓXIMIDAD



Es un dispositivo hecho para activar una alarma, o energizar un elemento determinado, cada que alguna persona se acerque a un electródo o antena, parte integral de un condensador de muy baja capacitancia utilizado para sintonizar un circuito electrónico.

Cuando una persona se acerca, aumenta la capacidad entre la antena y el piso sobre el cual se encuentra (dos placas imaginarias de un condensador) y el circuito pierde la sintonía, dando por consiguiente la alarma. El detector de proximidad que se muestra aquí es el de Puente de Wheatstone.

**134**

Las características de los elementos son las siguientes:

R1: Resistencia de 5.6 kilo ohmios.

R2: Resistencia de 39 kilo ohmios.

C1: Condensador de 0.05  $\mu$  F.

**BIBLIOGRAFIA**

- David halliday, Robert Resnick. "FISICA". Parte II. Editorial Continental.
- John P. Mc Kelvey, Howard Grotch. "FISICA PARA CIENCIAS E INGENIERIA". Parte II. Editorial Harla.
- Robert M Eisberg, Lawrence. S. Lerner. "FISICA, FUNDAMENTOS Y APLICACIONES". Vol II. Editorial Mc Graw-Hill.
- Charles I Hubert. "CIRCUITOS ELECTRICOS". Editorial Mc Graw Hill.
- Ing. O. Mercado Paternina. "CONFERENCIAS DE LA UIS".
- S. Frish, A. Timoreva. "CURSO DE FISICA GENERAL". Vol II. Editorial Mir.
- Divulgación técnica electrónica Ditel ELECTRONICA FACIL.