



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**IMPLEMENTACION DE UN MANUAL PARA LA REALIZACIÓN DE
PRÁCTICAS DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTAN:

**CÉSAR OMAR REYES JIMÉNEZ
ERICK GONZALEZ GONZALEZ
OSCAR ANGEL ROJAS**

**ASESOR: ING. JAIME RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
COASESOR: ING. FRANCISCO RODRÍGUEZ LÓPEZ**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2005

m. 346395



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Implementación de un manual para la realización de prácticas de
laboratorio de Electricidad y Magnetismo

que presenta el pasante: Cesar Omar Reyes Jiménez
con número de cuenta: 09339263-3 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

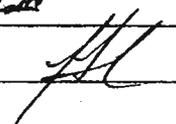
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 5 de Abril de 2005

PRESIDENTE Ing. Jaime Rodríguez Martínez 

VOCAL M.I. Ramón Osorio Galicia 

SECRETARIO Ing. Nicolás Rodolfo Balderas Reyes 

PRIMER SUPLENTE M.A.I. Pedro Guzmán Tinajero 

SEGUNDO SUPLENTE M.I. Víctor Hugo Hernández Gómez 



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
 AVENIDA DE
 MEXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos la TESIS:

Implementación de un manual para la realización de prácticas
de laboratorio de Electricidad y Magnetismo

que presenta el pasante: Erick Gonzalez Gonzalez
 con número de cuenta: 09351647-3 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 5 de Abril de 2005

PRESIDENTE Ing. Jaime Rodríguez Martínez *Jaime R*

VOCAL M.I. Ramón Osorio Galicia *Ramón O*

SECRETARIO Ing. Nicolás Rodolfo Baldorcas Reyes *Nicolás R*

PRIMER SUPLENTE M.A.I. Pedro Guzmán Tinajero *Pedro T*

SEGUNDO SUPLENTE M.I. Víctor Hugo Hernández Gómez *Víctor H*



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
ASUNTO: VOTOS **APROBATORIOS**
SUPERIORES



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Implementación de un manual para la realización de prácticas de
Laboratorio de Electricidad y Magnetismo

que presenta el pasante: Oscar Angel Rojas
con número de cuenta: 09851253-5 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 5 de Abril de 2005

- | | | |
|------------------|--|--|
| PRESIDENTE | <u>Ing. Jaime Rodríguez Martínez</u> | |
| VOCAL | <u>M.I. Ramón Osorio Galicia</u> | |
| SECRETARIO | <u>Ing. Nicolás Rodolfo Balderas Reyes</u> | |
| PRIMER SUPLENTE | <u>M.A.I. Pedro Guzmán Tinajero</u> | |
| SEGUNDO SUPLENTE | <u>M.I. Víctor Hugo Hernández Gómez</u> | |

A MI PADRE (GERARDO GONZALEZ VERA):

Por haber puesto mano dura en mi vida ya que, si en esos momentos hubiera quedado, a la deriva no sé hacía donde me hubiera llevado el viento, el día de hoy llego a un puerto donde me imaginé pero de no haber sido por ti tal vez no hubiera llegado. Gracias.

A MI MADRE (GILDA GONZALEZ MONTERO):

Por haberme dado su comprensión, su cariño, su apoyo, por haberme enseñado a sonreír aunque los días no sean tan buenos, por haber dado todo ese sacrificio para que pudiéramos estar aquí el día de hoy. Gracias.

A MI HERMANA (NELLY GONZALEZ GONZALEZ):

Por haberme acompañado en todos los días importantes, por enseñarme a que las cosas se pueden hacer sin mayor pretexto, por que cuando yo me quejaba y volteaba la cabeza y te veía trabajando sin quejarte me motivaste a seguir. Gracias.

A JAQUELINE CAUDILLO:

Por haber estado conmigo durante estos años en los cuales madure, por ofrecerme su ayuda sin ver que se tenía que hacer, por aceptarme en tu vida te agradezco y eres parte importante de este logro. Gracias

AL H. CONGRESO (SYPSA):

Agradezco a Dios por haberme colocado con unas personas tan nobles y que supieron aceptarme tal como soy. Les agradezco por hacer menos pesados los días de estudio, por acompañarme este día donde logro esta meta con dos integrantes de este congreso, les agradezco sus consejos y sus bromas. Gracias.

(MARCO ANTONIO AVILA VEGA, OSCAR ANGEL ROJAS, CESAR OMAR REYES JIMENEZ, RODRIGO MADRID SORIA, GRABRIEL SANCHEZ GALINDO, FRANCISCO LEYVA LEYVA, OMAR LEON REYNA, ALFREDO MARIN MARIN, ERIK CRUZ MARTINEZ, ROY, JOSESILLO, JOSE LUIS OROSCO ALMAZAN, CARLITOS)

ÍNDICE	PAGINA
INTRODUCCIÓN	I
OBJETIVOS	II
HIPOTESIS	II
I MARCO TEÓRICO	1
1.1 Carga eléctrica y ley de Coulomb	1
1.2 Campo eléctrico	3
1.3 Potencial eléctrico	5
1.4 Capacitancia y capacitores	7
1.5 Constantes dieléctricas y rigidez dieléctrica	11
1.6 Resistencia ohmica, resistividad (forma vectorial)	15
1.7 Características de voltaje y osciloscopio	17
1.8 Fuentes de fuerza electromotriz (fem) y su resistencia interna.	20
1.9 Circuitos básicos de corriente directa y Leyes de Kirchhoff.	22
1.10 Campos magnéticos estacionarios	26
1.11 Ley de Faraday y principio del transformador	29
1.12 Propiedades magnéticas de la materia	31
II PROPUESTA DE PRÁCTICA	35
2.1 Carga eléctrica, campo y potencial eléctrico	35
2.2 Capacitancia y capacitores	41
2.3 Constantes dieléctricas y rigidez dieléctrica	46
2.4 Resistencia ohmica, resistividad y ley de Ohm	51
2.5 Uso y manejo del osciloscopio	58
2.6 Fuentes de fuerza electromotriz	60
2.7 Leyes de Kirchhoff y circuitos RC	65
2.8 Campos magnéticos estacionarios	68
2.9 Ley de la inducción electromagnética de Faraday	72
2.10 Propiedades magnéticas	76
III DESARROLLO EXPERIMENTAL	79
3.1 Carga eléctrica, campo y potencial eléctrico	79
3.2 Capacitancia y capacitores	91
3.3 Constantes dieléctricas y rigidez dieléctrica	97
3.4 Resistencia ohmica, resistividad y ley de Ohm	103
3.5 Uso y manejo del osciloscopio	111
3.6 Fuentes de fuerza electromotriz	114
3.7 Leyes de Kirchhoff y circuitos RC	120
3.8 Campos magnéticos estacionarios	129
3.9 Ley de la inducción electromagnética de Faraday	140
3.10 Propiedades magnéticas	144

IV IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO REQUERIDO	150
4.1 Carga eléctrica, campo y potencial eléctrico	150
4.2 Capacitancia y capacitores	151
4.3 Constantes dieléctricas y rigidez dieléctrica	152
4.4 Resistencia ohmica, resistividad y ley de Ohm	152
4.5 Fuentes de fuerza electromotriz	153
4.6 Leyes de Kirchhoff y circuitos RC	154
4.7 Campos magnéticos estacionarios	154
4.8 Ley de la inducción electromagnética de Faraday	156
APENDICE A	157
APENDICE B	158
APENDICE C	159
CONCLUSIONES	160
BIBLIOGRAFÍA	161

INTRODUCCIÓN

Debido a los cambios tecnológicos que se dan actualmente a nivel mundial. Los procesos productivos y las maquinas se han vuelto más competitivas, para entender y adaptarse a estos cambios se requiere de conocimientos sólidos en las ciencias básicas (Física, Matemáticas y Química). Es por ello que para estar acorde a estas necesidades, en la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista se propone llevar a cabo una revisión exhaustiva del manual de prácticas del laboratorio de Electricidad y Magnetismo (que es una materia fundamental para muchas asignaturas posteriores), para darle solución a los problemas que se presenten durante el desarrollo de las prácticas y en el caso de encontrarlos proponer la solución más factible.

El presente trabajo es la propuesta de un manual cuyo contenido abarca tanto los fundamentos teóricos mínimos requeridos, para la buena comprensión en el desarrollo de la práctica (tomando en cuenta que estos no sustituyen a las clases teóricas). Así como la solución a los cuestionarios tanto previos como finales. Se llevo a cabo el desarrollo de las prácticas, el cual nos permitió detectar algunos errores y de esta forma sugerir las correcciones necesarias, cumpliendo de la mejor manera los objetivos planteados.

OBJETIVOS:

- Aportar un elemento de apoyo didáctico a la planta docente del área de electromagnetismo para la realización de las prácticas de laboratorio.
- Que el alumnado cuente con una guía para la realización de las mismas
- Optimizar el equipo y materiales existentes en el laboratorio

HIPÓTESIS:

Si se revisan y corrigen las prácticas de electricidad y magnetismo obtendremos un beneficio para la formación académica de los alumnos.

UNIDAD I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta un resumen concreto de los fundamentos teóricos requeridos para el desarrollo y comprensión de las prácticas a realizar.

1.1 CARGA ELÉCTRICA Y LEY DE COULOMB

En la naturaleza existen dos tipos de cargas denominados:

Electrones \rightarrow carga negativa (-)

Protones \rightarrow carga positiva (+)

La unidad de la carga es el Coulomb [C]

Por naturaleza los cuerpos están en un estado neutro, esto indica que tienen el mismo número de protones y electrones. Si un cuerpo contiene un exceso de electrones se dice que el cuerpo se encuentra cargado negativamente (Fig. 1.1); si tiene un exceso de protones el cuerpo se encuentra cargado positivamente (Fig. 1.2).

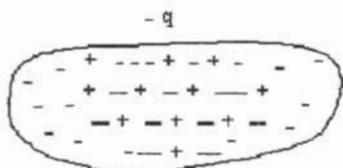


figura 1.1

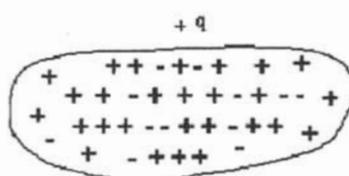


figura 1.2

ley de signos de las cargas: Carga del mismo signo se repelen y cargas de signo contrario se atraen. En la figura (1.3) se ilustra tal situación.

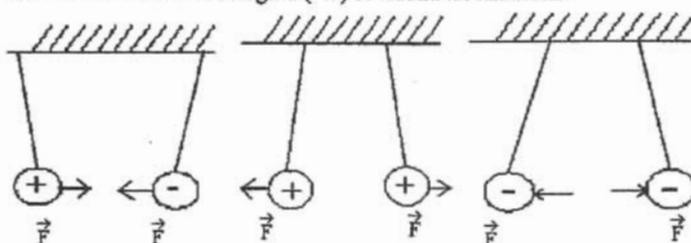


Figura 1.3

LEY DE COULOMB

Nos permite calcular la fuerza eléctrica entre dos cargas eléctricas.

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

\vec{F} - Fuerza eléctrica [N]

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

q_1 y q_2 Cargas eléctricas [C]

$$k = 9 \times 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$$

r_{12} - Distancia entre las cargas [m]

k es la constante de proporcionalidad

$$\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|}$$

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \left[\frac{C^2}{N \cdot m^2} \right]$ es la permitividad del vacío

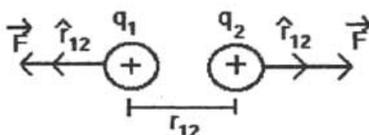


Figura 1.4

Si se trata de varias cargas y se requiere encontrar la fuerza resultante sobre una carga debido a las demás cargas la suma se puede realizar vectorialmente (Figura 1.5).

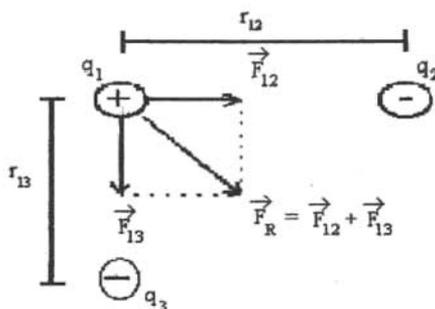


Figura 1.5

Generalizando:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n$$

en donde

$$\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k}$$

por consecuencia:

$$\vec{F}_R = \sum F_x \hat{i} + \sum F_y \hat{j} + \sum F_z \hat{k}$$

cuya magnitud es

$$|F_R| = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2 + (\sum F_z)^2}$$

Además los cosenos directores se escriben

$$\cos \theta_x = \frac{\sum F_x}{|F_R|}$$

$$\cos \theta_y = \frac{\sum F_y}{|F_R|}$$

$$\cos \theta_z = \frac{\sum F_z}{|F_R|}$$

LEY DE LA CONSERVACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA

La carga no se crea, ni se destruye. Y en el proceso de cargar eléctricamente un material solo se transfiere de un material a otro.

1.2 CAMPO ELÉCTRICO

Si consideramos una carga q en posición fija, y se mueve lentamente a su alrededor una segunda carga q_0 (carga de prueba), se observa que en todas partes existe una fuerza sobre esta carga q_0 . Por tanto se manifiesta la existencia de un campo de fuerza, denominado campo eléctrico.

INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Definición: La intensidad de campo eléctrico \vec{E} es la fuerza eléctrica por unidad de carga de prueba (figura 1.6).

CAMPO PARA CARGAS PUNTUALES

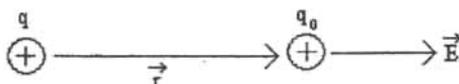


Figura 1.6

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \left[\frac{N}{C} \right]$$

E .- Campo eléctrico

F .- Fuerza eléctrica

q_0 .- Carga de prueba

CAMPO ELÉCTRICO PARA CARGAS PUNTUALES

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \left[\frac{N}{C} \right]$$

Pero la fuerza para una carga puntual es $\vec{F}_e = k \frac{q q_0}{r^2} \hat{r}$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = k \frac{qq_0}{rq_0} \hat{r}$$

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

Debido a varias cargas puntuales la intensidad de campo eléctrico resultante en un punto se puede obtener:

$$\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$$

Intensidad de campo eléctrico debido a un dipolo eléctrico

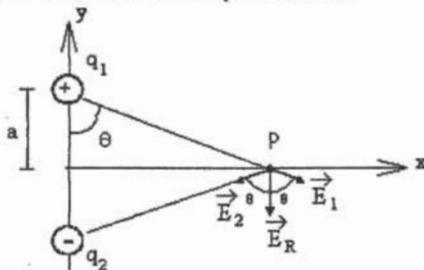


Figura 1.7

Donde $|+q_1| = |-q_2| = q$

$$|\vec{E}_R| = \vec{E}_1 \cos \theta + \vec{E}_2 \cos \theta$$

donde:

$$E_1 = \frac{kq}{\left(x^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2\right)}$$

$$E_2 = \frac{kq}{\left(x^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2\right)}$$

$$\cos \theta = \frac{a/2}{\sqrt{x^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}}$$

Obteniendo la suma

$$\vec{E}_R = k \frac{qa}{\left[x^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2\right]^{3/2}}$$

$qa = p$: Se conoce como momento dipolar eléctrico

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{\left[x^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2\right]^{3/2}}$$

Si suponemos que $x \gg a$

$$E = k \frac{p}{x^3}$$

Los campos eléctricos se pueden representar por líneas de fuerzas, para dibujar las líneas deben cumplir algunas características (figura 1.8)

- Las líneas de fuerza dan la dirección del campo eléctrico en cualquier punto.
- Las líneas de fuerza se originan en la carga positiva y terminan en la carga negativa.
- Las líneas de fuerza se trazan de tal modo que el número de líneas por unidad de área de sección transversal son proporcionales a la magnitud del campo eléctrico.
- Las líneas tienen dirección normal al área de donde salen o entran y nunca se cruzan.

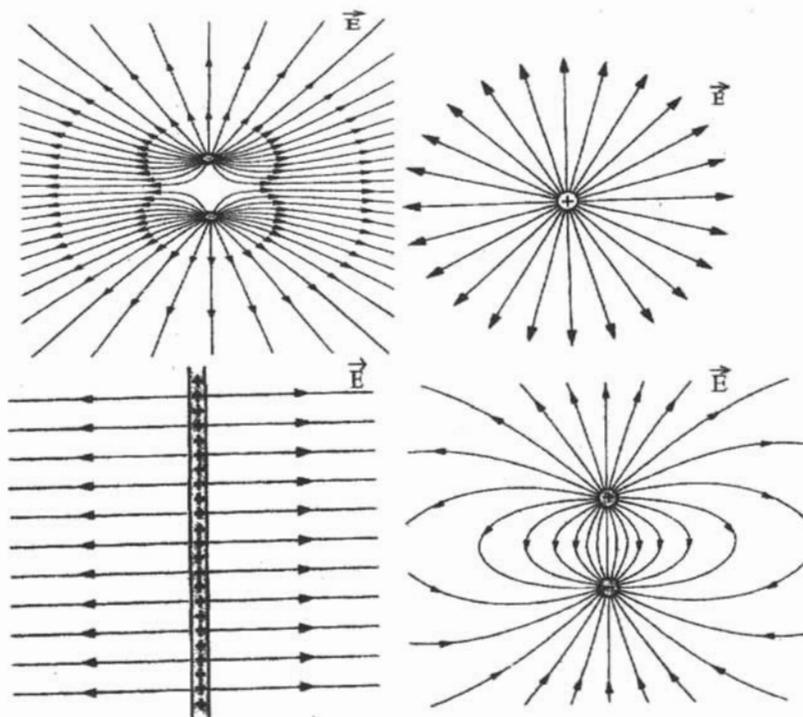


Figura 1.8

1.3 POTENCIAL ELÉCTRICO

Se define como el trabajo realizado por una carga para ir de un punto a otro; ó como la diferencia de la energía potencial eléctrica por unidad de carga de prueba:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0} \text{ o bien } V_{ab} = \frac{U_b - U_a}{q_0}$$

ahora si el sistema es conservativo $U_{ab} = w_{ab}$

por tanto

$$V_{ab} = V_b - V_a = \frac{-w_{ab}}{q} \quad [v]$$

1 volt = 1 Joule / 1 Coulomb

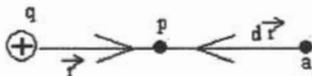
Potencial eléctrico a partir del campo eléctrico.

$$W_{ab} = \int \vec{F} \cdot d\vec{l} = (-q_0 E)(L) = -q_0 EL$$

$$\frac{W_{ab}}{q_0} = -EL$$

$$V_{ab} = V_b - V_a = -EL [V]$$

Potencial eléctrico debido a una carga puntual



$$V_p - V_a = - \int_a^p \vec{E} d\vec{l} = \int_a^p \vec{E} d\vec{r}$$

$$V_p - V_a = -kq \int_a^p \frac{1}{r} dr$$

$$V_p - V_a = -kq \left(\frac{1}{r_p} - \frac{1}{r_a} \right), \text{ si } r_a \rightarrow \infty$$

$$V_p = k \frac{q}{r_p}$$

Cabe recordar que el potencial es una magnitud escalar

Potencial eléctrico debido a "N" cargas aisladas:

$$V_p = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

Son aquellas superficies que en cualquier punto de esta tiene el mismo potencial (Figura 1.9)

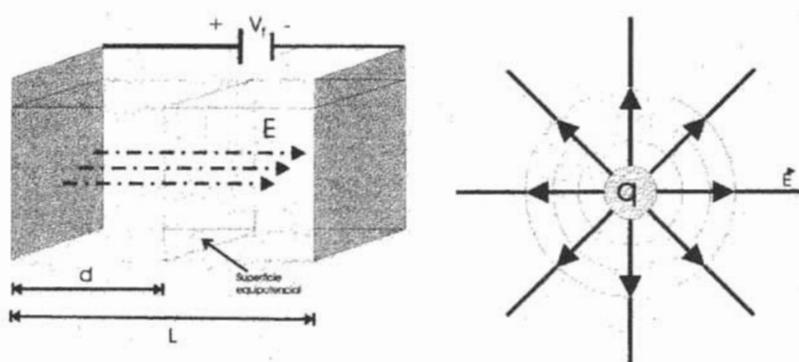


Figura 1.9.

$$V = EL ; E = \frac{V}{L} \left[\frac{V}{m} \right]$$

Podemos usar el gradiente de potencial para considerar las direcciones de variación máxima del potencial

si $V(x, y, z)$

entonces $\nabla V(x, y, z) = -\vec{E}$

además $\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k}$

donde

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}; E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

1.4 CAPACITANCIA Y CAPACITORES

El capacitor es un componente que nos permite almacenar energía eléctrica. La figura 1.10 muestra la construcción básica del capacitor y sus diferentes símbolos gráficos

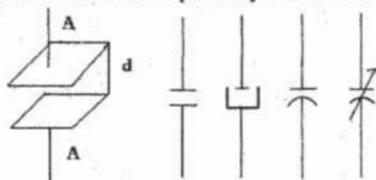


Figura 1.10

El símbolo del capacitor es la letra C. El símbolo gráfico que se utiliza depende de la construcción particular del capacitor, como se explicará mas adelante. La unidad de capacitancia es el faradio, que se simboliza F, el faradio es una unidad demasiado

grande, por lo que se acostumbra utilizar unidades menores: El microfaradio [μF] y el Picofaradio [pF] cuantitativamente

$$1[\mu F] = 10^{-6}[F] ; 1[pF] = 10^{-12}[F]$$

En principio, el capacitor esta constituido por dos placas metálicas, separadas por un material aislante que puede ser aire o cualquier otro material dieléctrico.

La capacitancia de un capacitor está determinada por tres factores

- La superficie (A) de las placas conductoras.
- La distancia (d) entre las placas.
- La constante dieléctrica K_e o ϵ_R , la cual es una característica del tipo de material aislante entre las placas.

La expresión matemática de la capacidad en función de los tres factores mencionados esta dada en la siguiente ecuación:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

Donde

$$\epsilon = \epsilon_R \epsilon_0 \quad \text{o} \quad \epsilon = K_e \epsilon_0$$

Donde: A [m^2]

d [m]

C [F]

ϵ_0 - Permitividad del vacío; $\epsilon_0 \left[\frac{C^2}{N \cdot m^2} \right]$ o $\left[\frac{F}{m} \right]$

Los Capacitores de bajo valor de capacitancia (picofaradios) tienen aislamiento pasivo, tal como papel impregnado en aceite y varios materiales plásticos y sintéticos. Los capacitores de valores elevados de capacitancia (microfaradios) tienen generalmente aisladores activos, basados en procesos químicos. Esta substancia se llama "electrolito" por lo que tales capacitores se denominan electrolíticos. Existe una diferencia fundamental entre un capacitor común y un capacitor electrolítico, desde el punto de vista de su conexión al circuito eléctrico. En un capacitor común, la polaridad no tiene importancia. Un capacitor electrolítico tiene polaridad, positiva y negativa, marcados con + y - respectivamente. Se debe conectar la terminal positiva del capacitor a la terminal de mayor potencial en el circuito eléctrico e inversamente en lo que respecta a la terminal negativa. Cuando se conecta un capacitor con la polaridad invertida, no solamente el electrolito no es activado sino que existe la posibilidad de que el capacitor se deteriore por lo que puede quedar permanentemente dañado (explote).

Otro tipo de capacitor de mucho uso es el que tiene aire como dieléctrico. La mayoría de estos son de capacitancia variable por lo que se les llama "capacitores variables". La capacitancia varía cambiando la superficie superpuesta de las placas. Los capacitores variables son utilizados en circuitos en los cuales el valor de la capacitancia debe ser cambiada exactamente a fin de adaptarse a los parámetros del circuito requerido, antes o durante el funcionamiento del circuito (ejemplo: para sintonizar frecuencias en el receptor de radio).

Voltaje del capacitor en función de la carga y la capacitancia.

La carga que se acumula en el capacitor provoca una diferencia de potencial entre sus placas. Cuanto mayor es la carga, mayor será el voltaje sobre el capacitor, es decir, la carga Q y el voltaje $[V]$ son directamente proporcionales entre sí. Por otra parte la capacitancia C tiene influencia inversa sobre el voltaje; una cierta carga eléctrica en un capacitor de baja capacitancia producirá un voltaje mayor si la misma carga se encontrase en un capacitor de capacitancia elevada.

La relación entre la carga y el voltaje en un capacitor está dada por la siguiente ecuación:

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

Donde: V es el voltaje entre placas del capacitor $[V]$

Q es la carga $[C]$

C es la capacitancia $[F]$

Conexión de capacitores.

Análogamente como los resistores, los capacitores también pueden ser conectados en serie, en paralelo y en combinaciones serie-paralelo. Por supuesto que el cálculo de la capacitancia total es diferente del que estamos familiarizados para resistores. El primero esta basado en la ecuación anterior que da el voltaje en función de la carga y de la capacitancia del capacitor.

La figura 1.11 muestra un circuito de dos capacitores conectados en paralelo.

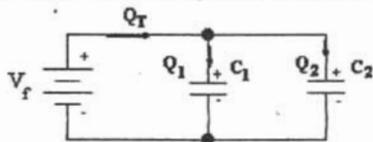


Figura 1.11

La ecuación que da la carga total Q_T que es transferida de la fuente V_f a los "n" capacitores conectados en paralelo es la siguiente:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

En el caso particular de dos capacitores en paralelo obtendremos:

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

Si sustituimos la ecuación anterior en la relación entre la carga y el voltaje en un capacitor (en este caso $V_f = V$) obtenemos

$$Q_1 = Q_1 + Q_2 = VC_1 + VC_2 = V(C_1 + C_2)$$

De la anterior ecuación se puede llegar a la conclusión de que cuando se conectan "n" capacitores en paralelo se obtiene la siguiente relación

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Es decir, la capacitancia total de la conexión en paralelo es igual a la suma de las capacitancias de los capacitores conectados.

Investiguemos ahora un circuito eléctrico con capacitores conectados en serie según se muestra en la figura 1.12

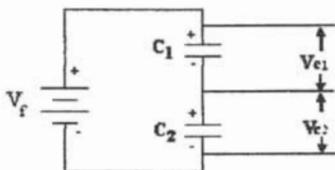


Figura 1.12:

En la conexión paralela de capacitores, el voltaje es el mismo entre terminales de cada capacitor. En la conexión serie de capacitores, la carga es la misma en cada placa de cada capacitor.

La siguiente ecuación da la relación entre carga, corriente y tiempo.

$$i = \frac{q}{t}$$

Donde:

Q es la carga en [C]

I es la corriente eléctrica [A]

t es el tiempo [s]

De acuerdo con la ley de voltajes de Kirchoff, la suma de las caídas de voltaje en un circuito serie es igual al voltaje de la fuente:

$$V_f = V_{C1} + V_{C2} + \dots + V_{Cn}$$

Sustituyendo la relación entre la carga y el voltaje en un capacitor en la ecuación anterior obtenemos:

$$V_f = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \dots + \frac{Q_n}{C_n}$$

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n = Q$$

De donde se obtiene:

$$\frac{V_f}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Además

$$\frac{V_f}{Q} = \frac{1}{C_r}$$

Por tanto

$$\frac{1}{C_r} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

En el caso particular de dos capacitores en serie obtenemos

$$C_r = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Almacenamiento de energía en un capacitor

La diferencia de potencial entre las placas es $V = q/C$, pero al transferir un elemento diferencial de carga dq , el cambio dU resultante en la energía potencial eléctrica es de acuerdo a la ecuación: $dU = Vdq$ y que al sustituir $V = \frac{q}{C}$ tenemos:

$$dU = \frac{q}{C} dq$$

Integrando

$$U = \int_0^q dU = \int_0^q \frac{q}{C} dq$$

Se obtiene

$$U = \frac{Q^2}{2C} [J]$$

De la relación $Q = CV$ obtenemos

$$U = \frac{1}{2} CV^2 [J]$$

El capacitor real.

Hasta ahora hemos considerado al capacitor como elemento ideal. Los capacitores reales no son ideales: la resistencia del material dieléctrico entre las placas no es infinita. Por esta razón existe una resistencia entre las placas del capacitor por la que fluye corriente. Esta resistencia es llamada "resistencia de pérdidas" y su símbolo es R_{LX} .

El capacitor puede ser representado eléctricamente por un circuito equivalente que contiene un elemento capacitivo en paralelo con una resistencia de pérdidas (Figura 1.13).

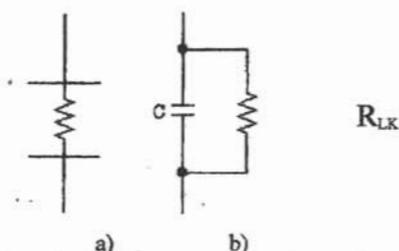


Figura 1.13: a) Resistencia de pérdidas entre las placas del capacitor
b) Circuito equivalente del capacitor real

1.5 CONSTANTES DIELECTRICAS Y RIGIDEZ DIELECTRICA

Materiales dieléctricos (no conductores o aisladores). Cuando un material conductor o no conductor, se coloca dentro de un campo eléctrico, se produce siempre una redistribución de las cargas del material (este desplazamiento de cargas resultante del campo exterior aplicado, se llama polarización del material). Si el material es conductor, los electrones libres situados dentro de él se mueven de modo que en el interior del conductor el campo eléctrico se anule y constituya un volumen equipotencial. Si el material es dieléctrico, los electrones y los núcleos de cada molécula (átomo) se desplazan por la acción del campo eléctrico, pero puesto que no hay cargas libres que puedan moverse indefinidamente, el interior del material no se convierte en un volumen equipotencial.

Los dieléctricos se clasifican en polares y no polares. Molécula polar (dipolo eléctrico permanente), es aquella en la cual los centros de gravedad de los protones y electrones no coinciden, además al introducirse en un campo eléctrico estas se orientan en la dirección del campo eléctrico, figura (1.14).

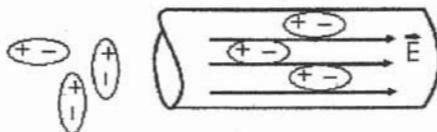


Figura 1.14

Molécula no polar (dipolo eléctrico inducido). Es aquella en la cual los centros de gravedad de los protones y electrones coinciden, además al introducirse en un campo eléctrico los protones y electrones sufren un desplazamiento orientándose en la dirección del campo eléctrico. Figura (1.15).

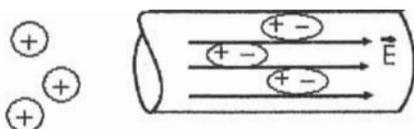


Figura 1.15

Se define momento dipolar eléctrico como el producto de una de las cargas por la distancia de separación entre ellas, denotada por $\vec{p} = q\vec{\ell}$ [C • m] cuya dirección se indica en la figura (1.16).

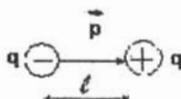


Figura 1.16

Considerando un bloque de material dieléctrico polarizado según se muestra en la figura (1.17) y aplicando el teorema de Gauss, se obtiene el campo eléctrico en el material dieléctrico.

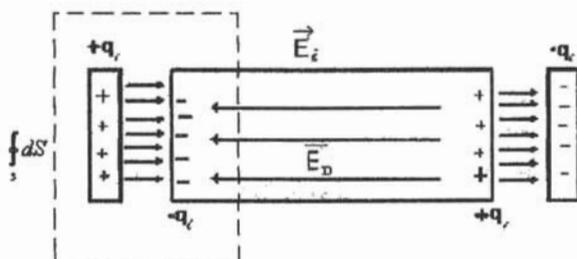


Figura 1.17

$$\iint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_N}{\epsilon_0} \quad \iint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_N}{\epsilon_0} \quad \text{Se tiene} \quad E_D = \frac{q_l - q_i}{\epsilon_0 S}$$

$$\text{o bien} \quad \vec{E}_D = \vec{E}_t - \vec{E}_i$$

Donde: E_D Campo eléctrico resultante en el material dieléctrico

E_t Campo eléctrico debido a la carga libre (q_l)

E_i Campo eléctrico debido a la carga inducida (q_i)

Ahora si consideramos la carga en función de la densidad superficial de carga $q = \sigma S$ por tanto

$$\vec{E}_D = \frac{\sigma_l - \sigma_f}{\epsilon_0}$$

También se define la razón del momento dipolar a la unidad de volumen como el vector polarización dado por

$$\vec{p} = \frac{\vec{P}}{v}$$

Al sustituir

$$\vec{p} = q \vec{\ell} = (\sigma S) \vec{\ell}$$

Se tiene

$$\vec{p} = \sigma \cdot \left[\frac{C}{m^2} \right]$$

En particular para materiales dieléctricos se tiene la relación lineal

$$\vec{p} = X_e \epsilon_0 \vec{E}_D$$

En donde X_e susceptibilidad eléctrica del material es una medida de lo susceptible (o sensible) que es un dieléctrico determinado a los campos eléctricos. Por tanto en la ecuación del campo eléctrico en función de la densidad superficial de carga se tiene:

$$\vec{E}_D = \frac{\sigma_l - X_e \epsilon_0 E_D}{\epsilon_0}$$

Donde

$$E_D = \frac{\sigma_l}{\epsilon_0 (1 + X_e)}$$

Denotando ϵ_R ó $K_R = 1 + X_e$ La permitividad relativa o constante dieléctrica, se tiene:

$$E_D = \frac{\sigma_l}{\epsilon_0 \epsilon_R} = \frac{\sigma_l}{\epsilon}$$

Donde $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_R$ es la permitividad eléctrica absoluta del material dieléctrico.

Además de $\epsilon_R = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ Se tiene:

$$\epsilon_R \text{ ó } K_R = \frac{C_D}{C_0}$$

Para mismas dimensiones geométricas (Superficie y separación entre placas) de capacitores con dieléctrico (C_D) y sin dieléctrico (C_0).

1.6 RESISTENCIA ÓHMICA, RESISTIVIDAD Y LEY DE OHM

Se recordara que un conductor es un material en cuyo interior hay electrones libres que se mueven por la fuerza ejercida sobre ellas por un campo eléctrico. El movimiento de las cargas constituye una corriente. Si deseamos que circule una corriente permanente en un conductor, se debe mantener continuamente un campo, o un gradiente de potencial eléctrico dentro de él. Consideremos la figura 1.18 si hay " n " electrones libres por unidad de volumen, la carga total (dq) que atraviesa el área (s) en el tiempo (dt) y con una velocidad (v) es:

$$dq = nesvdt$$

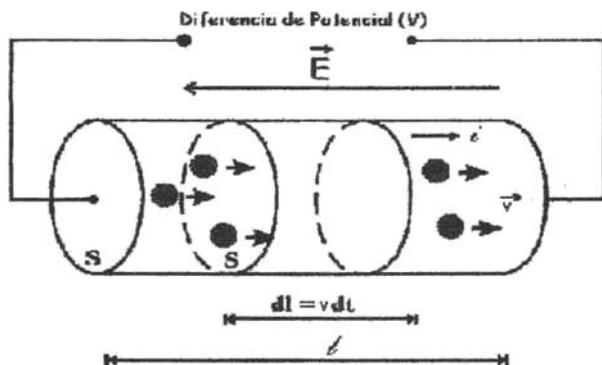


Figura 1.18

La cantidad de carga que atraviesa una sección de hilo conductor por unidad de tiempo, o sea, (dq/dt), se denomina intensidad de corriente (i), dada por:

$$i = \frac{dq}{dt} \left[\frac{\text{coulomb}}{s} \stackrel{\Delta}{=} \text{Ampere; A} \right]$$

Ahora bien de las ecuaciones anteriores de la carga total (dq) y de intensidad de corriente (i) se tiene:

$$i = nev s$$

Se define densidad de corriente eléctrica (J) como la razón de la intensidad de la corriente a la sección transversal, así

$$J = \frac{i}{s} \quad \left[\frac{\text{ampere} \cdot \text{A}}{\text{metro}^2}; \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \right]$$

Cabe mencionar que para materiales conductores se tiene la relación lineal $J = \sigma E$ (expresión vectorial de la ley Ohm) donde σ es la conductividad propia del material. Recordando

$V = - \int E \cdot d\vec{l}$ Se tiene $V = \frac{1}{\sigma} \int J \cdot d\vec{l}$ donde para el hilo conductor de la figura 1,

$$V = \frac{J l}{\sigma}$$

y de la ecuación de densidad de corriente eléctrica (J) tenemos $V = \frac{l}{\sigma s} i$, o bien

$$V = \frac{\rho l}{s} i,$$

y definiendo $R = \rho \frac{l}{s}$ resistencia eléctrica (ohmica) del conductor, $V = Ri$ ley de Ohm,

Donde:

V = Voltaje aplicado [Volt, V]

i = intensidad de corriente [Ampere, A]

R = Resistencia eléctrica [Ohm, Ω]

σ = Conductividad propia del material $\left[\frac{1}{\text{ohm} \cdot \text{metro}}, \frac{1}{\Omega \text{m}} \right]$

ρ = resistividad propia del material [Ohm metro, $\Omega \cdot \text{m}$], donde $\rho = \frac{1}{\sigma}$

l = Longitud del hilo conductor [m]

s = área de sección transversal del hilo conductor [m^2]

También la resistencia eléctrica de los materiales conductores varía con la temperatura y se da por la expresión:

$$R = R_0 [1 \pm \alpha(T - T_0)]$$

Donde:

R = resistencia a la temperatura T

R_0 = resistencia a la temperatura T_0

α = coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura.

Se define potencia eléctrica (P) como la razón de energía (U) a la unidad de tiempo

dada por $P = \frac{dU}{dt}$ y si recordamos ($U = W$) para campos conservativos,

se tiene $P = \frac{Vdq}{dt} = Vi$ [watts, W].

Para una resistencia en particular: $P_R = Ri_R^2$ o $P_R = \frac{V_R^2}{R}$ donde podemos escribir:

$P_R = \frac{dH}{dt} = Ri_R^2$ [W] indicando que la cantidad de calor producido por segundo es directamente proporcional al cuadrado de la corriente, por tanto:

$$H = R \int i_R^2 dt \text{ [joules, J]} \qquad \text{Ley de Joule.}$$

1.7 CARACTERÍSTICAS DE VOLTAJE Y OSCILOSCOPIO

Para los propósitos de esta práctica, en el cual se tratan parámetros de c.a. (cuyos valores varían con el tiempo), el osciloscopio es el instrumento de medida más apropiado.

- Posibilita mediciones de precisión de magnitudes eléctricas.
- El osciloscopio permite representar gráficamente la magnitud medida, así como también, su variación en el tiempo.

FORMAS DE ONDAS.

Si se conecta un generador de señales al osciloscopio y se calibra correspondientemente la base de tiempo. Aparecerá en la pantalla del osciloscopio una representación gráfica de la señal. En la figura 1.19 se muestran varias formas de ondas comunes.

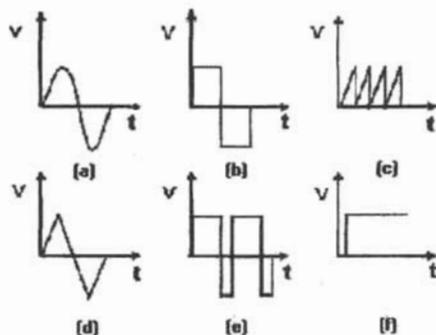


Figura 1.19

- | | |
|----------------------|----------------------|
| a - senoidal | b - cuadrada |
| c - diente de sierra | d - triangular |
| e - rectangular | f - tensión continua |

Observando la figura 1.19 se puede distinguir entre c.c. y c.a. así como también definir las

Señal continua (c.c.): Es una señal de amplitud fija. Está representada gráficamente a lo largo del eje de tiempo en la figura 1.19 (f).

Señal directa (c.d.): Es una señal que varía en amplitud pero no cambia de polaridad con respecto al eje del tiempo, figura 1.19 (c).

Señal alterna (c.a.): Es una señal de amplitud variable y que cambia de polaridad a lo largo del eje de tiempo y está representada gráficamente en el mismo eje en la figura 1.19 (a), (b), (d) y (e).

La variación de la corriente alterna con el tiempo puede producir varias y diversas formas de onda. Las formas de onda mostradas en la figura 1.19 (a), (b), (d) y (e), son una pequeña muestra de esta gran variedad.

MEDICIÓN DEL PERIODO DE UNA ONDA.

Examinando nuevamente la figura 1.19 (a), (b), (d), (e), se observará la periodicidad de la corriente alterna. A fin de aclarar este concepto, son necesarias dos definiciones:

Ciclo.- Perfil de una onda periódica sin repetirse figura 1.19 (a) y (d).

Periodo.- (T) El tiempo en segundos para completar un ciclo.

La figura 1.20 muestra diversas posibilidades para la medición del periodo de una onda senoidal.

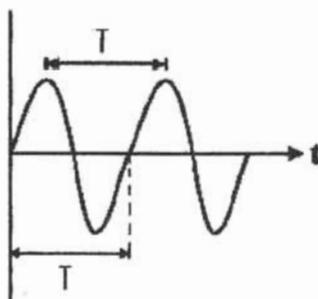


Figura 1.20.

El número de ciclos en un segundo se denomina "frecuencia" (f) y la unidad es el Hertz [Hz]. La relación matemática entre el periodo y la frecuencia está dada por la siguiente ecuación.

$$f = \frac{1}{T}$$

Donde: f es la frecuencia, en Hertz [Hz]

T es el periodo, en segundos [s]

Utilización del osciloscopio para medir el periodo de una onda.

Para medir el periodo de una forma de onda particular, se debe calibrar el eje horizontal (eje X) del osciloscopio en unidades de tiempo, (Tiempo/división).

El control de la base de tiempo posibilita la elección de milisegundos [ms], microsegundos [μ s], etc.

Para simplificar la medición, se divide la pantalla del osciloscopio en cuadrados. La figura 1.21 muestra como aparece una onda senoidal en la pantalla de un osciloscopio, con base de tiempo fijada en 1 μ s, es decir que cada división representa un microsegundo.

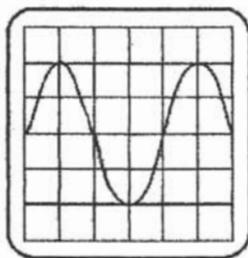


Figura 1.21.

El periodo se calcula basándose en la representación en la pantalla del osciloscopio, de la siguiente manera:

Período = Número de divisiones (en un ciclo) x posición del selector de la base de tiempo.

Para la forma de onda que se muestra en la figura 3 se obtiene:

$$T = 4 \times 1 = 4 \text{ } [\mu\text{s}]$$

La frecuencia se obtiene de la ecuación 1:

$$f = 1 / T = 1 / 4 \text{ } \mu\text{s} = 250 \text{ [KHz]}$$

MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CORRIENTE ALTERNA

La amplitud de la señal alterna está definida por tres parámetros: “pico a pico”, “pico” y “valor eficaz”.

Pico a pico (P-P):

Este valor expresa la amplitud de la onda de un extremo a otro (cresta a valle). Es fácil de medir con el osciloscopio, ya que es la distancia vertical (sobre el eje Y) desde el pico positivo hasta el pico negativo de la onda.

Pico (P):

Este valor se mide desde el eje de simetría de la onda hasta uno de los picos. Numéricamente es igual a la mitad del valor pico a pico.

Valor eficaz (RMS ó EF):

Es la parte de la señal que realmente se aprovecha.

Ejemplo:

Para un voltaje senoidal, existe la siguiente relación matemática:

$$V_{RMS} = V_{EF} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707V_p \text{ [V]}$$

Donde:

V_p = es el valor de pico en voltios

V_{EF} = es el valor eficaz en voltios

El valor eficaz es denominado también “Valor cuadrático medio” RMS (“Root Mean Square”). El valor de un voltaje senoidal se mide con el osciloscopio según lo indicado en la figura 1.22.

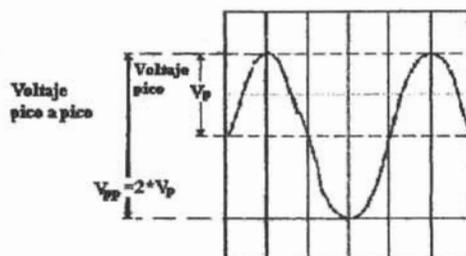


Figura 1.22:

Antes de la medición se debe calibrar el eje vertical (Y) en unidades de volt por división (Volt/división). En la figura (1.22) cada división representa un volt, por lo tanto el voltaje de pico V_p de la onda en la figura (1.22) es igual a 2 volt. El voltaje pico a pico V_{pp} es de 4 volt. Substituyendo los valores en la ecuación de voltaje eficaz se obtiene el valor eficaz.

$$0.707 \times 2 = 1.414 \text{ V}$$

NOTA: La ecuación de voltaje eficaz se cumple únicamente para una señal senoidal pura. Para otras formas de onda se necesitan métodos más complicados para los cálculos, lo cual está fuera del nivel de conocimientos requeridos en esta etapa.

1.8 FUENTES DE FUERZA ELECTROMOTRIZ (FEM) Y SU RESISTENCIA INTERNA.

Fuente de fuerza electromotriz (fem) es todo dispositivo capaz de transformar algún tipo de energía a energía eléctrica. Como ejemplos el generador eléctrico que transforma energía mecánica en energía eléctrica, la pila (batería) que transforma energía química en energía eléctrica.

Una fuente de voltaje ideal mantiene constante su voltaje independientemente de la corriente que fluye en ella. Sin embargo las fuentes de voltaje ideales no existen, pues todas las fuentes poseen una resistencia interna. Consideramos el circuito de la figura 1.23a para tal circunstancia la lectura del voltímetro es la fuerza electromotriz (E) de la pila.

Ahora bien para la figura (1.23b) la lectura del voltímetro es la diferencia de potencial en terminales de la resistencia (V_R)

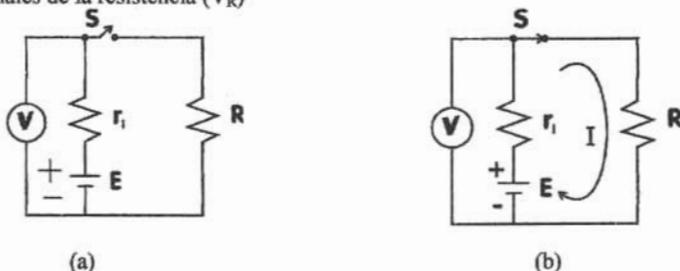


Figura 1.23

Si aplicamos el principio de conservación de la energía al circuito de la figura (1.23b) es decir la suma de potencias debido a elementos activos (fuentes) igual a la suma de potencias en elementos pasivos (resistencias).

Se tiene

$$P_E = P_{r_i} + P_R$$

y en términos de voltaje y corriente

$$EI = r_i I^2 + RI^2$$

Por tanto al despejar

$$r_i = \frac{E - RI}{I} = \frac{E - V_R}{I} \quad [\Omega]$$

Tenemos:

$$r_i = \left(\frac{E - V_R}{I} \right) \frac{R}{R} = \left(\frac{E - V_R}{IR} \right) R$$

Finalmente

$$r_i = \left(\frac{E - V_R}{V_R} \right) R \quad [\Omega]$$

El valor de la resistencia interna de la pila se obtiene conociendo la fem (E), resistencia de carga (R) y el voltaje (V_R).

1.9 CIRCUITOS BÁSICOS DE CORRIENTE DIRECTA Y LEYES DE KIRCHHOFF.

Los circuitos en los cuales las resistencias no están en conexiones sencillas, en serie o en paralelo y hay fuentes de fuerza electromotriz en diferentes ramas, no pueden resolverse, en general por el método de la resistencia equivalente y la Ley de Ohm. Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) enunció dos reglas llamadas leyes de Kirchhoff que permiten resolver tales circuitos sistemáticamente. Antes de enunciar éstas, definiremos algunos términos útiles en análisis de circuitos.

Malla.- Es cualquier trayectoria cerrada en un circuito.

Nodo.- Es un punto del circuito en el cual se unen tres o más trayectorias para la corriente.

Rama.- Es una parte de una malla que se encuentra entre dos nodos y que no posee dentro de ella otros nodos.

Las Leyes de Kirchhoff se fundamentan en el principio de la conservación de la energía y pueden enunciarse como sigue:

Ley de los nodos (ley de corrientes).- La suma algebraica de las corrientes que inciden en un nodo es cero.

$$\sum_{j=1}^N i_j = 0$$

Para propósitos de esta ley se denomina positivo el sentido de una corriente que fluye desde un nodo y negativo si fluye hacia el nodo.

Ley de voltajes.- La suma algebraica de los voltajes de todos los elementos (activos y pasivos) alrededor de cualquier trayectoria cerrada (malla) es cero.

$$\sum f_{ems} + \sum Ri = 0$$

Para propósitos de esta ley se elige como positivo un sentido de recorrido de la malla (usualmente el sentido de las agujas de un reloj). Todas las corrientes y las fems que tengan este sentido son positivas y las que tengan sentido contrario serán negativas.

El primer paso para aplicar las leyes de Kirchhoff es asignar un sentido a todas las corrientes desconocidas en cada rama del circuito. La solución se efectúa basándose en los sentidos supuestos. Si una o más soluciones de las ecuaciones atribuye valor negativo a una corriente, su verdadero sentido es opuesto al que habíamos asignado.

A continuación aplicamos dichas leyes al circuito de la figura 1.24.

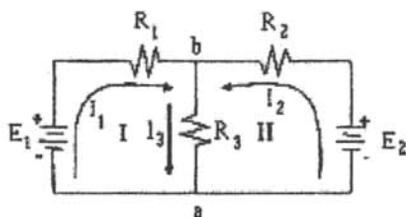


Figura 1.24

Para la solución considerando las corrientes supuestas. Aplicando ley de corrientes de Kirchoff (LCK) al nodo b obtenemos la siguiente ecuación:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

ahora aplicando ley de voltajes de Kirchoff (LVK) a malla I.

$$\varepsilon_1 - R_1 I_1 - R_3 I_3 = 0$$

Igualmente a la malla II

$$R_3 I_3 + R_2 I_2 - \varepsilon_2 = 0$$

Ordenando el sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\ R_1 I_1 + R_3 I_3 &= \varepsilon_1 \\ R_3 I_3 + R_2 I_2 &= \varepsilon_2 \end{aligned}$$

El sistema de ecuaciones lineales se puede resolver por métodos alternativos ejemplo. Determinantes y regla de Kramer, eliminación de Gauss, método de Gauss - Jordán etc.

Otro ejemplo de aplicación de las leyes de Kirchoff al circuito resistencia y capacitancia (RC) excitado por una fuente de corriente directa el cual se muestra en la figura 1.25.

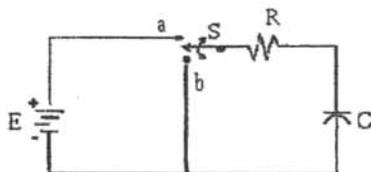


Figura 1.25

Con el interruptor en la posición "a" se tiene el proceso de energización (considerando el capacitor totalmente desenergizado). Figura 1.26.

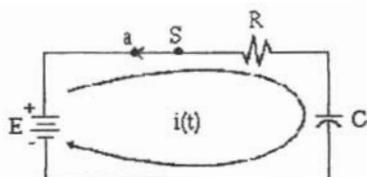


Figura 1.26

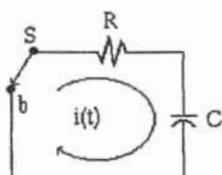


Figura 1.27

Aplicando LVK se tiene

$$\varepsilon - Ri_R(t) - \frac{1}{C} \int i_C(t) dt = 0$$

Donde

$$V_R = Ri_R(t) \quad , \quad V_C = \frac{1}{C} \int i_C(t) dt$$

Multiplicando por (d/dt)

$$\frac{d}{dt} \left[\varepsilon - Ri_C(t) - \frac{1}{C} \int i_C(t) dt \right] = 0 \quad , \quad i(t) = i_R(t) = i_C(t)$$

$$\frac{di_C(t)}{dt} + \frac{1}{RC} i_C(t) = 0$$

Ecuación diferencial homogénea, lineal, primer orden, coeficientes constantes cuya solución homogénea es del tipo

$$i_C(t) = Ke^{Dt}$$

Haciendo $(d/dt) = D$

$$Di_C(t) + \frac{1}{RC} i_C(t) = 0 \quad , \quad (D + \frac{1}{RC}) i_C(t) = 0,$$

$$D + \frac{1}{RC} = 0 \quad , \quad D = -\frac{1}{RC}$$

Raíz característica

Sustituyendo se tiene

$$i_C(t) = Ke^{(-\frac{1}{RC})t}$$

Donde K se obtiene de condiciones iniciales. Teniendo presente que el capacitor desenergizado se comporta como un corto circuito en un tiempo inicial $t=0$, se tiene

$$i(t=0) = i_C(t=0) = i_R(t=0) = \frac{V_R}{R} = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Sustituyendo en ecuación anterior

$$\frac{\mathcal{E}}{R} = Ke^{(-\frac{1}{RC})(0)}, \quad K = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Por lo tanto

$$i_C(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} e^{(-\frac{1}{RC})t} \quad [\text{V}] \quad ; \quad \text{Para todo } t \geq 0$$

Ahora

$$V_C(t) = \frac{1}{C} \int i_C(t) dt = \frac{1}{C} \int_0^t \left[\frac{\mathcal{E}}{R} e^{(-\frac{1}{RC})t} \right] dt$$

$$V_C(t) = \mathcal{E} \left[1 - e^{(-\frac{1}{RC})t} \right] \quad [\text{V}] \quad \text{Para todo } t \geq 0.$$

Ahora cambiando el interruptor a la posición "b" se tiene el proceso de desenergización del capacitor. En tal situación el sentido de la corriente se invierte, el capacitor se comporta como elemento activo aplicando LVK al circuito de figura 1.27.

$$-Ri_C(t) + \left(-\frac{1}{C}\right) \int i_C(t) dt = 0 \quad ; \quad i_C(t) = i_R(t)$$

Multiplicando por (d/dt) tenemos

$$(-) \frac{di_C(t)}{dt} - \frac{1}{RC} i_C(t) = 0$$

Cuya solución homogénea es.

$$i_C(t) = Ke^{(-\frac{1}{RC})t}$$

y considerando condiciones iniciales $i_C(t=0) = i_R(t=0) = \frac{V_C(t=0)}{R}$ donde $V_C(t=0) = \mathcal{E}$ (voltaje alcanzado en el proceso de energización) por tanto

$$i_C(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} e^{(-\frac{1}{RC})t} \quad [\text{A}] \quad ; \quad \text{Para todo } t \geq 0$$

También

$$V_C(t) = \frac{1}{C} \int i_C(t) dt = \frac{1}{C} \int \left[\frac{\mathcal{E}}{R} e^{(-\frac{1}{RC})t} \right] dt$$

Finalmente

$$V_C(t) = -\mathcal{E} e^{(-\frac{1}{RC})t} \quad [\text{V}] \quad ; \quad \text{Para todo } t \geq 0.$$

1.10 CAMPOS MAGNÉTICOS ESTACIONARIOS

Un campo magnético por sí mismo debe atribuirse a carga eléctrica en movimiento. Sin embargo es común considerar como fuentes ordinarias de campo magnético los imanes o magnetitas y una corriente eléctrica que fluye en hilos conductores (se atribuye al físico Danés H. C. Oersted dicho descubrimiento).

Específicamente, el movimiento de los electrones dentro de los átomos constituye una corriente eléctrica y esta pequeña corriente presenta un efecto magnético. Los electrones orbitales dentro de los átomos no solo giran alrededor del núcleo sino que también giran alrededor de su propio eje, y este movimiento es el causante de los efectos magnéticos.

Para representar un campo magnético (B) se utilizan líneas de fuerza, las cuales cumplen las siguientes características.

1° Son líneas cerradas o continuas. Sin embargo para el caso de un imán, se considera que las líneas se inician en un polo magnético norte y se dirigen a un polo magnético sur (internamente al imán estas se cierran).

Ley de Gauss para el magnetismo "afirma que el flujo magnético (Φ_B) que pasa por una superficie cerrada "hipotética" cualquiera debe valer cero"

Matemáticamente:

$$\Phi_B = \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0 \quad \text{NO EXISTEN POLOS MAGNÉTICOS AISLADOS}$$

2° Son líneas continuas, de tal forma que la tangente en un punto de la línea, nos da la dirección del campo magnético en ese punto.

3° Para determinar la dirección de las líneas de fuerza debido a una corriente eléctrica en un hilo conductor, sea aplica la regla de la mano derecha "se toma al conductor con la mano derecha; con el dedo pulgar se apunta hacia donde fluye la corriente y la dirección de los dedos restantes nos indican la dirección de las líneas de fuerza".

DEFINICIÓN DE CAMPO MAGNÉTICO (\vec{B})

Teniendo presente la fuerza electrostática entre dos cargas en reposo, como se indica la figura (1.28) se tiene:

$$F = K \frac{qq_1}{r^2} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right) [N]$$

LEY DE COULOMB

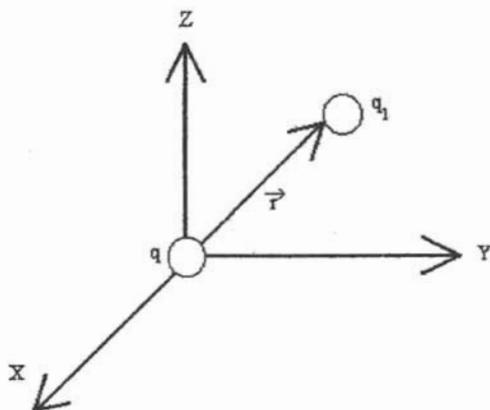


Figura 1.28

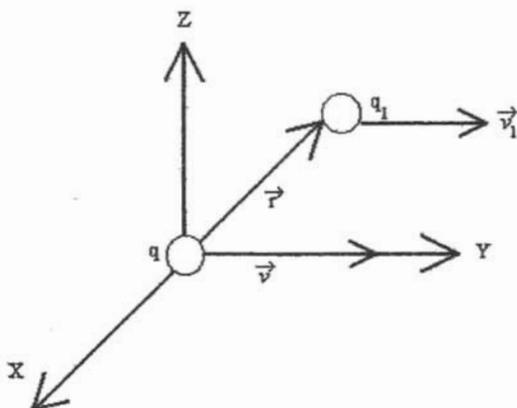


Figura 1.29

Ahora si las cargas se mueven uniformemente con velocidades v y v_1 respectivamente figura 1.29, existirá además una "fuerza magnética" F_B ejercida sobre q debido a q_1 dada por:

$$F_B = \frac{\mu_o q q_1}{4\pi r^2} v \times \left(v_1 \times \frac{r}{r} \right)$$

Donde: $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{N \cdot s^2}{C^2} \right]$ es la constante de permeabilidad magnética del aire.

Descomponiendo en factores

$$F_B = qv \times \frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^2} \left(v_1 \times \frac{r}{r} \right)$$

Donde se define:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^2} \left(v \times \frac{r}{r} \right) \quad \text{INDUCCIÓN MAGNÉTICA O CAMPO MAGNÉTICO}$$

Por tanto se tiene

$$\vec{F}_B = qv \times \vec{B} \quad [N] \quad \text{FUERZA DE ORIGEN MAGNÉTICO}$$

Y las unidades para $B = \left[\frac{N \cdot s}{C \cdot m} \right]$ o [Tesla] o $\left[\frac{\text{weber}}{m^2} \right]$

Debe observarse que por la perpendicularidad de \vec{F}_B y v la fuerza magnética no realiza trabajo alguno sobre la carga en movimiento y esta únicamente sufre una desviación lateral. Para un flujo de corriente en un hilo conductor la expresión de inducción magnética se puede escribir como:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi r^2} \left(d\vec{l} \times \frac{r}{r} \right) \quad \text{LEY DE BIOT Y SAVART}$$

Donde $id\vec{l}$ es un pequeño elemento de corriente. Ahora aplicando la Ley de Biot y Savart a un hilo conductor rectilíneo al cual fluye una corriente, ver figura (1.30) se tiene:

$$B_p = \frac{\mu i}{2\pi r} [T]$$

Además al evaluar la circulación de \vec{B} , para una trayectoria cerrada se tiene:

$$C_B = \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i \quad \text{LEY CIRCUITAL DE AMPERE}$$

donde $\vec{B} = B\hat{i}_p$

“La circulación de un campo magnético es igual a la corriente encerrada por la trayectoria cerrada seleccionada”.

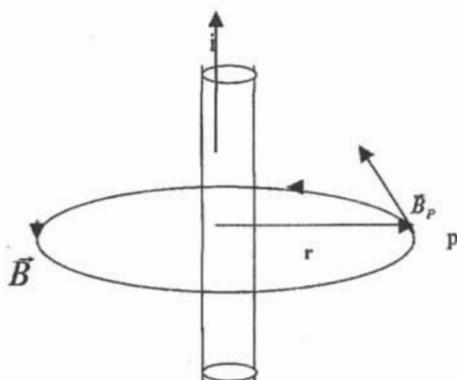


Figura 1.30

1.11 LEY DE FARADAY Y PRINCIPIO DEL TRANSFORMADOR

La ley de inducción electromagnética de Faraday es el fundamento para el desarrollo de los Motores, relevadores, transformadores, etc.

Esta ley establece "La fuerza electromotriz inducida en un circuito conductor es igual a la rapidez de cambio de un flujo magnético que es eslabonado en dicho circuito".

Principio básico del transformador:

El transformador simple, consta de dos bobinas colocadas muy cerca y aisladas eléctricamente una de otra; según se muestra en la figura (1.31)

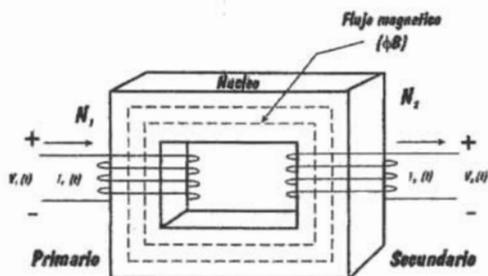


Figura 1.31

La bobina a la cual se aplica la tensión (voltaje) de suministro se llama "primario" del transformador. Esta bobina produce un campo magnético variable en el tiempo que es eslabonado por la otra bobina llamada "secundario" induciendo en él una corriente y como consecuencia induciendo un voltaje en las terminales de éste. Debe notarse que las bobinas no están conectadas entre sí directamente, sin embargo, están acopladas magnéticamente.

De la Ley de Faraday se tiene:

$$V_1(t) = -N_1 \frac{d\psi_{B1}(t)}{dt} \quad [\text{V}]$$

Donde N_1 = Número de espiras en el primario

$\psi_{B1(t)}$ = Flujo magnético debido a " i_1 " en el primario

Si la fuente de voltaje suministra una señal armónica entonces:

$$V_1(t) = V_{1\text{max}} \text{sen}(\omega t) \quad [\text{V}]$$

Por tanto si el flujo magnético es

$$\psi_{B1}(t) = \psi_{B1\text{max}} \text{sen}(\omega t) \quad [\text{Wb}]$$

Existe una relación entre weber y maxwell

$$1 \text{ [Maxwell]} = 10^{-8} \text{ [Weber]}$$

Sustituyendo anterior ecuación en la Ley de Faraday

$$V_1(t) = -N_1 \frac{d}{dt} [\psi_{B1\text{max}} \text{sen}(\omega t)]$$

$$V_1(t) = -N_1 \omega \psi_{B1\text{max}} \cos(\omega t)$$

Frecuencia angular (velocidad angular)

$$F = \text{frecuencia [Hertz ó ciclos/s]}$$

Si dividimos entre $\sqrt{2}$ obtenemos el valor cuadrático medio (valor eficaz):

$$V_1(t) = \frac{N_1 \omega \psi_{B1\text{max}}}{\sqrt{2}} \cos \omega t \quad [\text{V}]$$

Si hacemos $V_{1\text{max}} = N_1 \omega \psi_{B1\text{max}}$

$$V_1(t) = \frac{V_{1\text{max}}}{\sqrt{2}} \cos(\omega t) \quad [\text{V}]$$

La ecuación anterior se aplica de igual manera al voltaje inducido en el secundario, es decir:

$$V_2(t) = \frac{V_{2\max}}{\sqrt{2}} \cos(\omega t) \quad [\text{V}]$$

$$V_2 = N_2 \omega \psi_{B2\max}$$

N_2 = Número de espiras del secundario

$$\psi_{B1\max} = \psi_{B2\max} \quad \text{Flujo mutuo máximo}$$

Ahora dividiendo las dos ecuaciones anteriores obtenemos:

$$\frac{V_1(t)}{V_2(t)} = \frac{N_1(t)}{N_2(t)} = a \quad [\text{V}]$$

Esta ecuación recibe el nombre de “relación de transformación”, indica que los voltajes inducidos primario y secundario, se relacionan entre sí por el número de espiras del primario y secundario.

Considerando un transformador “ideal” de rendimiento 100% tenemos que potencia eléctrica en el primario es igual potencia eléctrica en el secundario, entonces tenemos.

$$V_p(t) i_p(t) \cos \theta_p = V_s(t) i_s(t) \cos \theta_s$$

Donde $\cos \theta_p = -\cos \theta_s$
 Por tanto $V_p(t) i_p(t) = V_s(t) i_s(t)$

$$\frac{V_p(t)}{V_s(t)} = \frac{i_s(t)}{i_p(t)} \quad ; \quad \frac{V_p(t)}{V_s(t)} = \frac{N_p}{N_s} = a$$

$$\therefore \frac{N_p}{N_s} = \frac{i_s(t)}{i_p(t)}$$

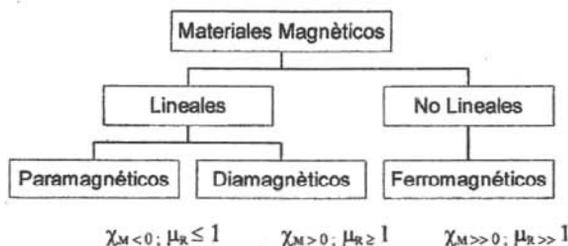
Por lo tanto la relación de transformación “a” se puede obtener también dividiendo las corrientes del primario y secundario:

$$a = \frac{i_s(t)}{i_p(t)}$$

1.12 PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LA MATERIA

Propiedades magnéticas de la materia.

En términos generales, los materiales magnéticos pueden agruparse en tres clases principales: diamagnéticos, paramagnéticos y ferromagnéticos.

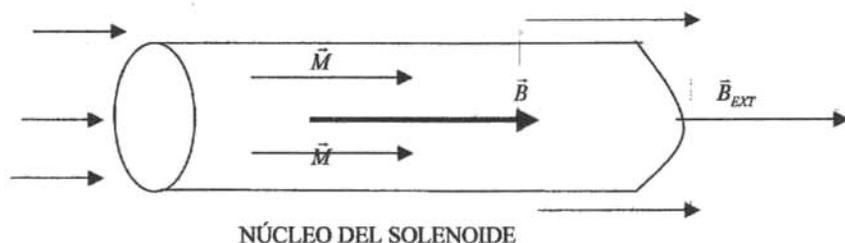


Donde: χ_M es la susceptibilidad magnética
 μ_R es la permeabilidad magnética relativa

Teniendo presente la expresión de campo magnético en el núcleo de un solenoide

$$\vec{B} = \frac{\mu_o Ni}{L} = \frac{\mu_o NiA}{LA} = \frac{\mu_o \vec{m}}{V}$$

Donde el momento magnético dipolar (\vec{m}) por unidad de volumen (V) se define como magnetización (\vec{M}) la cual caracteriza el comportamiento magnético de los materiales.



Por lo tanto: $\vec{B}_N = \mu_o \vec{M}$ contribución al campo magnético total, por parte del núcleo en su forma vectorial;

Donde:

$$\vec{M} = \frac{\vec{m}}{V} \left[\frac{A}{m} \right]$$

Ahora bien el campo magnético neto de un solenoide con núcleo de hierro, en su interior, es la suma vectorial de las contribuciones del campo magnético externo, el del solenoide B_{ext} y la magnetización del núcleo.

$$\vec{B} = \vec{B}_{ext} + \vec{B}_N = \vec{B}_{ext} + \mu_o \vec{M}$$

campo magnético total del solenoide con núcleo

Definiendo la intensidad de campo magnético como:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \quad \left[\frac{A}{m} \right]$$

y sustituyendo la expresión de \vec{B} se tiene:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}_{ext} + \mu_0 \vec{M}}{\mu_0} - \vec{M}$$

Por lo tanto:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}_{ext}}{\mu_0} \quad \text{o bien;} \quad \vec{B}_{ext} = \mu_0 \vec{H}$$

La última expresión muestra que independientemente si el material es ferromagnético, no ferromagnético, o si es el espacio vacío, la intensidad de campo magnético mide el campo magnético debido a corrientes libres (corriente que fluye en el solenoide).

También combinando las dos ecuaciones anteriores se tiene:

$$\vec{B}_{ext} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{M}$$

y teniendo presente que para materiales lineales \vec{M} depende linealmente de \vec{H} de manera que:

$$\vec{M} = \chi_M \vec{H}$$

Donde χ_M se llama susceptibilidad magnética del material

Por lo anterior:
$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 (\chi_M \vec{H}) = \mu_0 \vec{H} (1 + \chi_M)$$

Y haciendo
$$\mu_R = 1 + \chi_M$$

Donde μ_R se llama permeabilidad magnética relativa del material

Y se tiene
$$\vec{B} = \mu_0 \mu_R \vec{H} \quad \text{donde} \quad \mu = \mu_0 \mu_R$$

Por lo cual $\vec{B} = \mu \vec{H}$ relación entre el campo magnético total en un material y la intensidad magnética que es una medida del efecto de las corrientes libres.

Finalmente:
$$\mu_R = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{B_{nucleo}}{B_{aire}} \quad [\text{Adimensional}]$$

Donde μ Permeabilidad magnética absoluta

$$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{\mu_R}{A} \right] \text{ o } \left[\frac{H_r}{m} \right] \text{ Permeabilidad magnética para el espacio vacío o aire}$$

$$1 \text{ weber} = 10^8 \text{ maxwell}$$

$$1 \text{ weber/m}^2 = 10^4 \text{ gauss}$$

$$B = \frac{\Phi_B}{S} \quad \Phi_B = \text{flujo magnético medido; } S = \text{superficie transversal del núcleo.}$$

UNIDAD II

PROPUESTA DE PRÁCTICA

En este capítulo se propone un formato para las diez prácticas que integran el manual de prácticas del laboratorio de electricidad y magnetismo; que están compuestas por un cuestionario previo, el cual en conjunto con el anterior marco teórico complementan las bases para una buena realización de las prácticas. Objetivos, que se desean demostrar durante la práctica; los conceptos necesarios con los que debe contar el alumno; el material y equipo con el que se deberá contar para llevar a cabo la práctica. El desarrollo de estas; el cual se desglosa paso a paso y por último un cuestionario relacionado con lo referente al desarrollo de la práctica.

2.1 PRÁCTICA No. 1 CARGA ELÉCTRICA, CAMPO Y POTENCIAL ELÉCTRICO

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina los siguientes conceptos: carga eléctrica y la ley de la conservación de la carga.
2. Los tres procedimientos básicos de carga de un cuerpo eléctricamente son: frotamiento, inducción y contacto. ¿En que consiste cada procedimiento?
3. Charles Augustin Coulomb estableció la ley de las fuerzas electrostáticas. Enuncie brevemente en que consiste su experimento, establezca su ecuación e identifique cada término en ella.
4. Explique brevemente el principio de operación del generador Van De Graaff.
5. Defina el concepto de intensidad de campo eléctrico y establezca su expresión matemática, para placas planas paralelas.
6. Enuncie las características de las líneas de campo eléctrico y represente tres ejemplos de configuraciones de campo eléctrico debido a cuerpos cargados.
7. Se afirma que en el interior de un material conductor cargado el campo eléctrico es cero. Dé una explicación al respecto.
8. Defina el concepto de potencial eléctrico como función del campo eléctrico y establezca su ecuación.
9. La distribución del potencial eléctrico en un campo eléctrico puede representarse gráficamente por superficies equipotenciales. Describa las características más relevantes de una superficie equipotencial y mencione tres ejemplos.
10. Si se conoce la función de potencial eléctrico en cierta región del espacio. Defina la ecuación que permite calcular el campo eléctrico en esa región (Gradiente de potencial); dar su respuesta en coordenadas cartesianas.

OBJETIVOS

- I. Demostrar experimentalmente la forma de cargar y descargar un cuerpo eléctricamente.
- II. Observar el principio de operación del electroscopio y del generador Van De Graaff.
- III. Observar la configuración de campo eléctrico debido a diferentes formas geométricas de cuerpos cargados.
- IV. Determinación de superficies equipotenciales debido a un campo eléctrico, existente entre dos placas paralelas.

V. Determinar el campo eléctrico a partir del gradiente de potencial.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Carga eléctrica y formas de cargar eléctricamente un cuerpo.
2. Ley de los signos de las cargas eléctricas.
3. Ley de Coulomb.
4. Tipos de distribución de carga.
5. Campo y potencial eléctrico.
6. Superficies equipotenciales.
7. Gradiente de potencial.

MATERIAL Y EQUIPO

- Un paño de lana
- Una barra de vidrio
- Un electroscopio de laminas
- Un electroscopio electrónico
- Un generador Van de Graaff
- Una caja de acrílico con aceite
- Electrodo: Dos placas planas
Un cilindro hueco
Dos puntuales
- Una caja de superficies equipotenciales
- Una fuente de poder.
- Cables de conexión
- Un multímetro digital
- Una esfera de carga inducida
- Semillas de pasto (u otras semillas)
- Regla de plástico graduada de 30 cm.
- Un guante de látex.

DESARROLLO

Formas de cargar y descargar un cuerpo eléctricamente.

- a) Frote un paño de lana y una barra de vidrio, toque con la barra de vidrio el electroscopio de láminas figura 2.1.

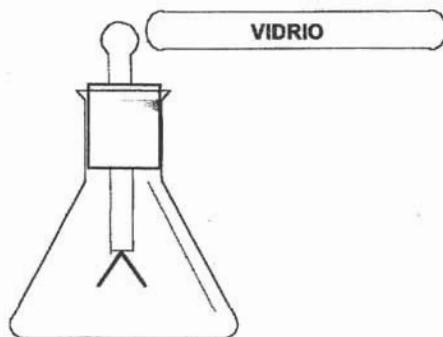


Figura 2.1

NOTA: Sugerencia usar el guante de látex para tomar la barra de vidrio

- b) Frote nuevamente la barra de vidrio con el paño de lana y acerque la barra de vidrio al electroscopio de lámina sin que se toque.

Principio de operación del electroscopio y generador Van De Graaff.

- c) Quite el casco del generador Van De Graaff y observe su funcionamiento.
 d) Acerque la esfera de carga inducida al casco del generador Van De Graaff y acérquelo al electroscopio de láminas y posteriormente al electroscopio electrónico.

Configuración de campo eléctrico debido a diferentes formas geométricas de cuerpos cargados.

- e) Considerar el siguiente dispositivo (Figura 2.2)



Figura 2.2.

- f) Vaya colocando los siguientes electrodos en la caja electrostática.
- Un puntual (antes conecte al casco del generador).

- Un conductor recto (antes conecte al casco del generador).
- Dos puntales (conecte uno al casco del generador y el otro a la base del mismo).
- Una placa plana (conecte al casco del generador)
- Dos placas planas (conecte una al casco del generador y la otra a la base del mismo)
- Un cilindro hueco (antes conecte éste al casco del generador)

Determinación de superficies equipotenciales debido a un campo eléctrico existente entre dos placas paralelas.

- g) Arme el dispositivo de la figura 2.3 y aplique un voltaje de 20 [V]

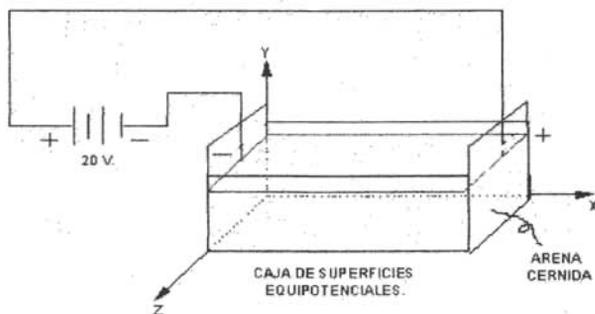


Figura 2.3

NOTA: Asegúrese que la arena se encuentre humedecida.

- h) Con ayuda del voltímetro localice puntos entre las placas, en donde el voltaje sea constante e igual a 0, 4, 8, 12, 16 y 20. Vacíe sus resultados en la tabla 2.1.

VOLTAJE [V]	DISTANCIA (EJE X) [cm]
0	
3	
6	
8	
12	
20	

Tabla 2.1.

- i) Introduzca un cilindro electrostático centrándolo en la caja de superficies equipotenciales, según se muestra en la figura 2.4.

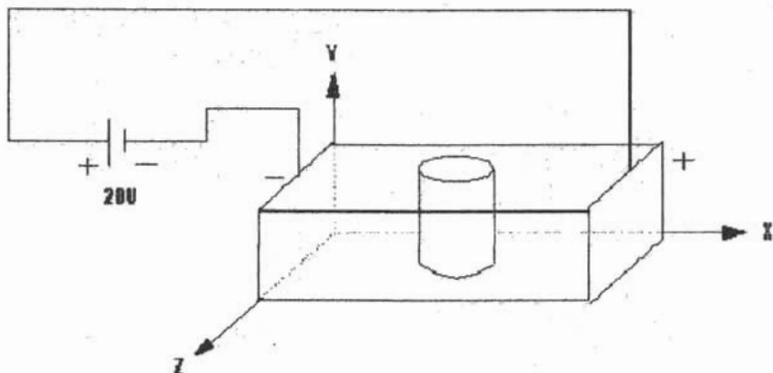


Figura 2.4.

- j) Con ayuda del voltímetro localice superficies equipotenciales fuera del cilindro metálico. Además compruebe que el interior del cilindro es un volumen equipotencial

VOLTAJE [V]	DISTANCIA [cm.]
10	
15	

Tabla 2.2

PREGUNTAS:

1. Explique que sucede con las hojas del electroscopio en el inciso a)

2. ¿Qué sucede con las hojas del electroscopio? En el inciso b)

3. En el inciso a y b que formas de cargar un cuerpo se observo, Explique.

4. Existió orientación de carga en el generador Van De Graaff

5. ¿Que polaridad tiene la carga del casco del generador?

6. Dibuje auxiliándose con líneas de fuerza las configuraciones que representan al campo eléctrico debido a los electrodos utilizados en el inciso f).
7. Compare sus configuraciones anteriores con las representaciones teóricas de su libro de texto. ¿Qué concluye al respecto?
8. Represente en tres dimensiones, por medio de un diagrama las superficies equipotenciales correspondientes a la tabla 2.1.
9. Represente en tres dimensiones las superficies equipotenciales encontradas así como las líneas de campo eléctrico correspondiente a la tabla 2.2.
10. Con ayuda de la ecuación gradiente de potencial encontrar el campo eléctrico para cada lectura tomado en el inciso h.
11. ¿Qué sucede con el campo eléctrico respecto a los demás ejes en el inciso h?

ESCRIBA SUS CONCLUSIONES Y COMENTARIOS A LA PRÁCTICA

2.2 PRÁCTICA No.2 CAPACITANCIA Y CAPACITORES

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina el concepto de capacitancia eléctrica, además describa los elementos fundamentales que forman un capacitor.
2. Se conecta un capacitor a las terminales de una batería de Fuerza electromotriz (Fem).
 - 2.1. ¿Porqué cada placa adquiere una carga de la misma magnitud exactamente?
 - 2.2. ¿En qué situación se considera que el capacitor adquirió su carga máxima?
3. Una vez que se ha cargado completamente un capacitor ¿En dónde almacena su energía acumulada?
4. Deduzca la relación que cuantifica un arreglo de capacitores en paralelo ¿Qué relación guardan entre sí los voltajes entre placas de cada capacitor en este tipo de arreglos?
5. Deduzca la relación que cuantifica un arreglo de capacitores en serie. ¿Qué relación guarda entre sí las cargas en las placas de los capacitores en este tipo de arreglo?
6. ¿Cuántos tipos de capacitores existen, dé una clasificación de acuerdo al material dieléctrico empleado entre sus placas, además indique cuales son los capacitores polarizados y no polarizados?
7. ¿Cómo funciona un capacitor como filtro para señales de audio?

OBJETIVOS

- I. Distinguirá los diferentes tipos de capacitores y sus características.
- II. Verificará que los capacitores almacenan energía.
- III. Verificará la relación que cuantifica la capacitancia en función de la carga y la diferencia de potencial entre sus placas.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Capacitores y Capacitancia.
2. Clasificación de Capacitores.
3. Arreglo de capacitores en serie y paralelo
4. Energía almacenada en los capacitores.

MATERIAL Y EQUIPO

- Una Bocina
- Un generador de señales
- Un tablero de capacitores
- Una fuente de poder.
- Un multímetro analógico
- Capacitores de 500 μ F a 25V, 2200 μ F a 16V, 47 μ F a 16V, 100 μ F a 16V, 22 μ F a 16V.
- Conjunto de cables de conexión.

DESARROLLO

Tipos de Capacitores y características

- Explicación por parte del instructor, con ayuda del tablero de capacitores, de los diferentes tipos de capacitores y sus características.
- Arme el circuito de la Figura. 2.5

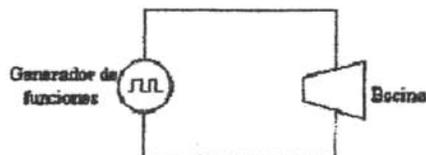


Figura 2.5

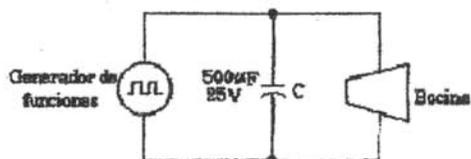


Figura 2.6

- Varie la frecuencia, hasta escuchar un sonido
- Agregue un capacitor según se muestra en la figura 2.6, que sirva como filtro y escuche el sonido.

Verificar que los capacitores almacenan energía

- Conecte el capacitor de 2200 [μ F] ala fuente graduada a 5[V] CD como se indica en la figura 2.7

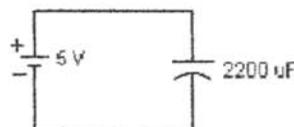


Figura 2.7

- Desconecte el capacitor, teniendo cuidado de no tocar sus terminales y conéctelo a las terminales del voltmetro según se muestra en la figura. 2.8

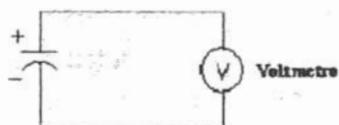


Figura 2.8

Circuitos con capacitores.

g) Arme el circuito de la figura 2.9

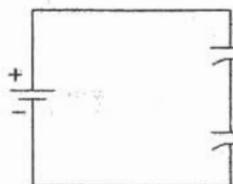


Figura 2.9

h) Desconecte la fuente y mida el voltaje en los capacitores C_1 , y C_2 , anote los valores medidos en la tabla 2.3.

CIRCUITO	V_{C1} [V]	V_{C2} [V]	V_{C2} [V]
Figura 8			
Figura 9			
Figura 10			

Tabla 2.3

i) Arme el circuito de la figura 2.10.

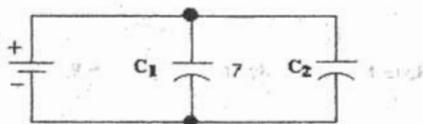


Figura 2.10

j) Desconecte la fuente y mida el voltaje en cada capacitor C_1 y C_2 y concentre sus mediciones en la tabla 2.3.

k) Arme el circuito de la figura 2.11

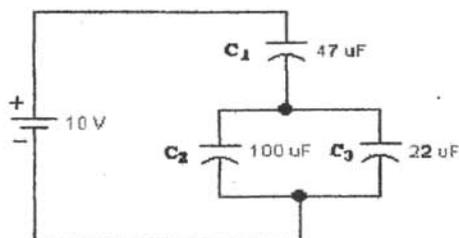


Figura 2.11

- d) Desconecte la fuente y mida el voltaje en cada capacitor y concentre sus mediciones en la tabla 2.3.

PREGUNTAS

1. ¿Qué parámetros debe especificar el fabricante de un capacitor?

2. En base a lo escuchado que concluye respecto a lo sucedido en los incisos c y d.

3. En base a lo sucedido en el inciso f, explique la razón por lo que el multímetro marca un voltaje al conectarse al capacitor y explique la acción de la aguja del medidor.

4. A partir de la tabla 1, diga si cumple o no la relación de carga igual en capacitores en serie y justifique su respuesta con cálculos para cada circuito.

5. Se afirma que para capacitores conectados en paralelo es igual el voltaje entre sus terminales. De acuerdo a los valores de la tabla 1 ¿Se cumple para los circuitos de las figuras, 2.10 y 2.11?

6. De acuerdo a las mediciones de la figura 2.9 y 2.10 ¿En qué circuito se almacena una mayor energía?, justifique su respuesta con cálculos.
7. ¿Por qué debemos respetar el valor del voltaje especificado en los capacitores?

ESCRIBA SUS CONCLUSIONES Y COMENTARIOS A LA PRÁCTICA.

2.3 PRÁCTICA No. 3 CONSTANTES DIELECTRICAS Y RIGIDEZ DIELECTRICA

CUESTIONARIO PREVIO:

1. Describir el fenómeno de polarización para un material conductor al introducirlo dentro de un campo eléctrico uniforme; auxiliarse por medio de figuras.
2. Describa el fenómeno de polarización para un material dieléctrico al introducirlo este dentro de un campo eléctrico uniforme; auxiliarse por medio de figuras.
3. ¿Qué sucede al introducir un dieléctrico entre las placas de un capacitor, aumenta o disminuye su capacitancia? ¿Por qué sucede este fenómeno?
4. Para una diferencia de potencial dada, ¿Cómo es la carga que almacena un capacitor con dieléctrico con respecto a la que almacenará sin dieléctrico (en el vacío), mayor o menor?, justifique su respuesta.
5. ¿Qué se entiende por rigidez dieléctrica?
6. Al aplicar una diferencia de potencial a dos placas circulares paralelas, separadas una distancia d , se da origen a un campo eléctrico entre placas. ¿Cómo se calcula la intensidad de tal campo eléctrico? Indique sus unidades.

OBJETIVOS

- I. Determinación de la permitividad del aire
- II. Determinar las constantes dieléctricas de algunos materiales
- III. Obtener la rigidez dieléctrica del aire, de algunos materiales sólidos, como también de algún líquido.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Polarización de la materia
2. Capacitancia de dos placas planas paralelas
3. Constantes dieléctricas
4. Rigidez dieléctrica

MATERIAL Y EQUIPO

- Un puente de impedancia (R, C, L)
- Un capacitor de placas circulares con su base y soporte
- Muestras circulares de: madera, cartón, hule y plástico
- Un transformador para crear un arco eléctrico
- Una caja de probador de ruptura de rigidez
- Un variac
- Un multímetro
- Muestras cuadradas de madera, cartón, plástico y hule
- Recipiente de vidrio
- Un electrodo terminado en punta
- Aceite comestible
- Aceite del #40
- Conjunto de cables de conexión
- Un flexómetro
- Un Vernier

DESARROLLO

Determinación de la permitividad del aire

El estudiante medirá la capacitancia del capacitor de placas paralelas, de 100 mm , como se indica en la figura 2.12.

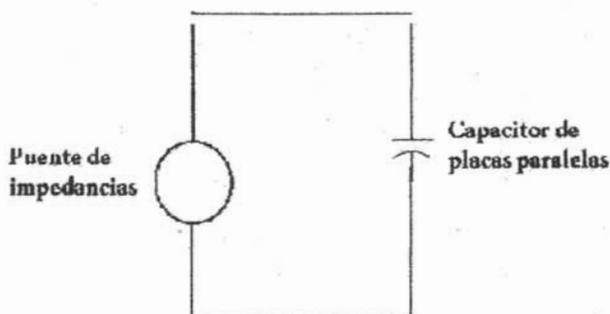


Figura 2.12

b) Obtener los valores de capacitancia según muestra la tabla 2.4.

d [mm]	C [F]	ϵ_r (aire)
1		
2		
3		
4		
5		

Tabla 2.4

Nota: Para calcular la permitividad debe medir el diámetro de las placas

Determinación de las constantes dieléctricas

c) Haciendo referencia a la figura. 2.12, colocar entre las placas; plástico, cartón y madera (una a la vez); midiendo la capacitancia en cada caso, primero con dieléctrico y luego sin él, conservando la distancia al sacar el dieléctrico, concentre sus mediciones en la tabla 2.5

MATERIAL	C (CON DIELECTRICO)	C (CON AIRE)	K_r
Plástico			
Cartón			
Madera			

Tabla 2.5

Rigidez dieléctrica

d) Arme el dispositivo de la figura. 2.13

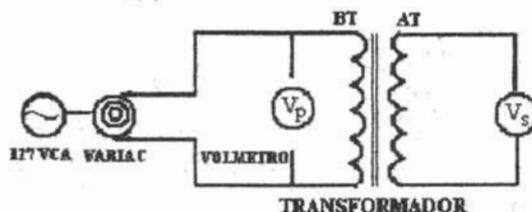


Figura 2.13

e) Encontrar el voltaje del secundario (V_s) del transformador para los diferentes valores de voltaje del primario (V_p) según muestra la tabla 2.6.

V_p [V]	V_s [V]	RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN V_s / V_p
1		
2		
3		
4		

Tabla 2.6

f) Con ayuda del instructor arme el dispositivo de la figura 2.14.

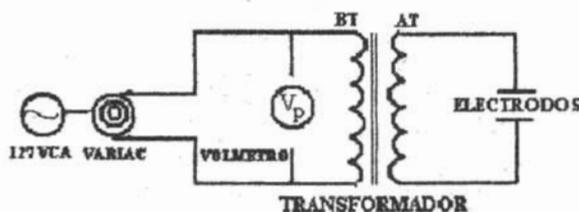


Figura 2.14

Precaución: La caja del probador de ruptura debe estar cerrada al aplicar el voltaje.

- g) Fije una separación de 1 cm., entre electrodos e incremente lentamente la diferencia de potencial con ayuda del voltmetro.
- h) Realice varias pruebas de acuerdo a la tabla 2.7 y concentre sus lecturas de voltaje.

DISTANCIA [mm]	VOLTAJE DE RUPTURA [V]	$E = \frac{V}{d}$ [V/m]
10		
8		
6		
4		

Tabla 2.7

- i) De acuerdo a la tabla 2.8 introduzca una muestra de dieléctrico (uno a la vez) y junte los electrodos de tal manera que la muestra quede fija entre ellos; incremente lentamente la diferencia de potencial y determine el voltaje de ruptura, concentre sus mediciones en la misma tabla.

DIeléCTRICO	DISTANCIA (ESPESOR) [m]	¿OCURRIÓ RUPTURA?	VOLTAJE DE RUPTURA [V]	CAMPO ELéCTRICO DE RUPTURA [V/m]
MADERA				
CARTÓN				
PLÁSTICO				
HULE				
ACEITE #40				
ACEITE COMESTIBLE				

Tabla 2.8

- j) Ahora respecto a la tabla 2.8 considerando los líquidos sumerja completamente los electrodos en cada líquido que se vaya colocando; manteniendo una separación entre ellos de 3 (mm) incremente lentamente la diferencia de potencial y determine el voltaje de ruptura, concentre sus resultados en la misma tabla.

PREGUNTAS

1. Con los valores obtenidos en la tabla 2.4, determine el valor de la permitividad del aire y compárelo con la permitividad del vacío.

2. Calcule la constante dieléctrica de cada muestra de dieléctrico empleado. Anote sus resultados en la tabla 2.5
3. Calcular con los datos de la tabla 2.6 el valor medio de la relación de transformación
4. Explique que sucede al aumentar el voltaje en el inciso g).

5. Calcule el campo eléctrico a partir de $E = V/d$, para cada diferente distancia de separación anote sus resultados en la tabla 2.7 y encuentre un valor medio de E. siendo este el valor de la rigidez dieléctrica del aire (campo eléctrico mínimo de ruptura).
6. Explique en atendiendo a el campo eléctrico máximo aplicado ¿Porqué algunos materiales no rompen sus rigidez dieléctrica?

7. A partir de los resultados anotados en la tabla 2.8 ¿Qué dieléctrico sólido, y que dieléctrico líquido es el mejor, considerando el voltaje de ruptura y la rigidez dieléctrica?

8. Enuncie algunos ejemplos de aplicación de los experimentos realizados.

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA.

2.4 PRÁCTICA No. 4 RESISTENCIA ÓHMICA, RESISTIVIDAD Y LEY DE OHM

CUESTIONARIO PREVIO

1. Describa la Ley de Ohm y defina cada parámetro en la misma
2. Para representar los valores de resistencia óhmica, se emplea un código de colores, Atendiendo al código de colores indique el valor de las siguientes resistencias?

Bandas:

<u>Primera</u>	<u>Segunda</u>	<u>Tercera</u>	<u>Cuarta</u>
Café	Negro	Rojo	Oro
Rojo	Violeta	Rojo	Oro
Café	Negro	Naranja	Plata
Amarillo	Violeta	Naranja	Plata
Rojo	Rojo	Verde	Oro
Café	Negro	Negro	Oro

3. Dado el valor de resistencia óhmica y potencia máxima de consumo de una resistencia, a partir de la expresión de potencia, deduzca una expresión que cuantifique el voltaje máximo aplicado a la resistencia.
4. ¿Qué es la conductividad eléctrica?
5. ¿De qué parámetros geométricos depende la resistencia de un alambre conductor? Además indique la ecuación de resistencia eléctrica en función de estos parámetros.
6. Escriba la expresión matemática de variación de la resistencia con la temperatura.

OBJETIVOS

- I. Aplicar el método del Puente de Wheatstone para medición de resistencia óhmica.
- II. Método de caída de potencial (Ley de Ohm), para medición de resistencia óhmica.
- III. Determinar la conductividad y resistividad de un material a partir de la Ley de Ohm en su forma vectorial.
- IV. Verificar la dependencia de la resistencia respecto a: la longitud, el área de sección transversal y la resistividad.
- V. Observar la variación de la resistencia óhmica en función de la temperatura.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Resistencia óhmica
2. Ley de Ohm en su forma vectorial y escalar
3. Caída de potencial
4. Puente de Wheatstone
5. Resistividad y conductividad
6. Variación de la resistividad con la temperatura

MATERIAL Y EQUIPO

- Un multímetro
- Un código de colores

- Un puente de Wheatstone
- Una fuente de poder
- Seis resistencias (10 Ω , 2.7 K Ω , 10 K Ω , 47 K Ω , 5.6 K Ω , todas a 1/2 W)
- Diez cables de conexión
- Un hilo conductor de aluminio con su base
- Un tablero con conductores de alambre magneto de diferentes calibres
- Tres minas de carbón de diferente dureza (HB, 2H, 5H), y longitud igual
- Un termistor
- Una parrilla
- Un soporte universal y accesorios
- Un vaso Pyrex
- Un termómetro digital o de bulbo de mercurio
- Un vernier

DESARROLLO

Medición de resistencia empleando el puente de Wheatstone

- a) El instructor describirá el uso del puente de Wheatstone
- b) Realice la medición de cinco resistencias diferentes y concentre sus resultados en la tabla 2.9. (identifique cada resistencia y señale)

RESISTENCIA	[Ω]
R ₁	
R ₂	
R ₃	
R ₄	
R ₅	

Tabla 2.9

Medición de resistencia por el método de potencial inducido

- c) Arme el circuito de la figura 2.15 considerando las resistencias medidas empleadas en el procedimiento b)

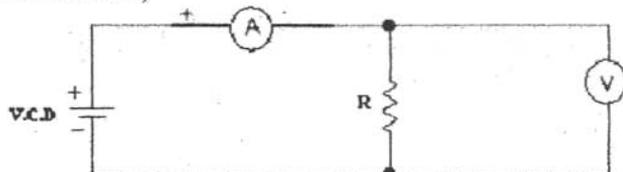


Figura 2.15

- d) Calcular el voltaje máximo que se pueda aplicar a cada resistencia por medio de la expresión dada en la pregunta 3) del cuestionario previo y concentre sus resultados en la tabla 2.10

R [Ω]	V _{máx} [V]
R ₁	
R ₂	
R ₃	
R ₄	
R ₅	

Tabla 2.10

- e) Realice mediciones de voltaje e intensidad de corriente y concentre sus resultados en la tabla 2.11
- f) Realice el procedimiento anterior para las demás resistencias y concentre sus resultados en la tabla 2.11

RESISTENCIA	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	RESISTENCIA [Ω]
R ₁			
R ₂			
R ₃			
R ₄			
R ₅			

Tabla 2.11

- g) Arme el dispositivo de la figura. 2.16

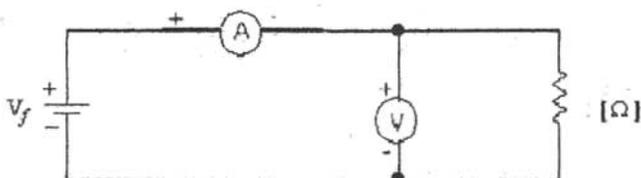


Figura 2.16

- h) Alimente el circuito con el voltaje de 0.5 V y mida la corriente eléctrica, concentre sus mediciones en la tabla 2.12.
- i) Repita el inciso (g) con los voltajes indicados en la tabla 2.12 y concentre sus mediciones en la misma.

VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA [W]
0.5		
1.0		
2.0		
3.0		
4.0		
5.0		

Tabla 2.12

Determinación de la dependencia de la resistencia, respecto a la longitud del conductor

j) Disponga los elementos como se muestra en la figura. 2.17

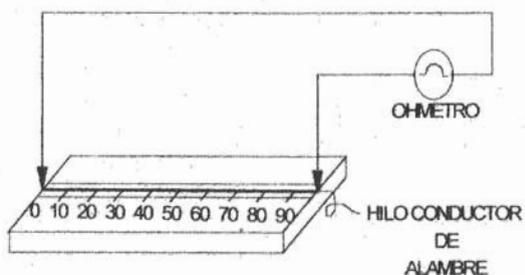


Figura 2.17

k) Tome las lecturas de acuerdo a la tabla 2.13 y concentre sus mediciones en la misma

LONGITUD [cm]	RESISTENCIA [Ω]
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	

Tabla 2.13

Determinación de la variación de la resistencia en función del área de sección transversal

- l) En el tablero de conductores de alambre magneto, mida la resistencia de cada uno de los conductores y concentre sus resultados en la tabla 2.14

DIÁMETRO [mm]	ÁREA [mm ²]	CALIBRE #	RESISTENCIA [Ω]

Tabla 2.14

Determinación de la dependencia de la resistencia, respecto a la conductividad de los conductores

- m) Arme el diagrama de la figura 2.18.

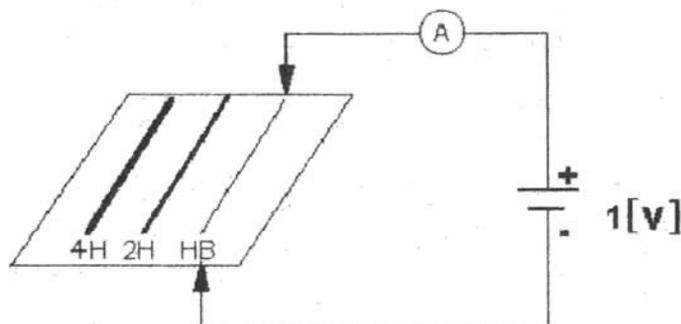


Figura 2.18

- n) Aplique una diferencia de potencial de 1 [V] a una de las minas de carbón, mida la intensidad de corriente eléctrica y concentre su medición en la tabla 2.15.
- o) Realice el mismo procedimiento anterior para las demás minas de carbón

Minas de Carbón	I [mA]	Longitud [cm]	Área [mm ²]	Campo Eléctrico [V/m]	Densidad, Corriente [A/m ²]	Conductividad [1/Ω·m]	Resistividad [Ω·m]
HB							
2H							
4H							

Tabla 2.15

Determinación de la dependencia de la resistencia debido a la variación de la temperatura

p) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 2.19.

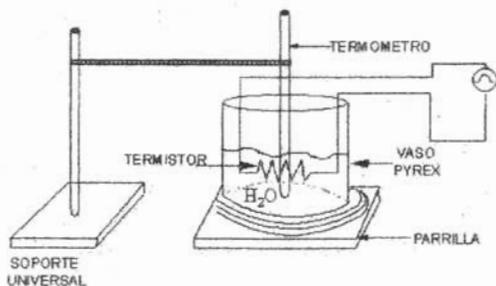


Figura 2.19

q) Con el multimetro usado como óhmetro tome lecturas del termistor de acuerdo a los valores de la tabla 2.16 y concentre sus resultados en la misma.

T [°C]	R [Ω]
20	
25	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	
65	
70	
75	

Tabla 2.16

PREGUNTAS

1. ¿Qué condiciones se deben cumplir para medir el valor de la resistencia desconocida por medio del puente de Wheatstone.
-
-

2. Aplicando la Ley de Ohm, encuentre el valor para cada una de las resistencias de la tabla 2.11, y concentre sus resultados en la misma.
 3. ¿Con qué método obtuvo mayor exactitud en la medición de resistencia ohmica? (tome como referencia el valor obtenido por código de colores)
-
-

4. Calcule la potencia con el valor tomado en la tabla 2.12 de corriente y voltaje y compare la potencia especificado con la del fabricante.
 5. Realice una gráfica de voltaje contra corriente, tomando de referencia los valores obtenidos en la tabla 2.12
 6. Realice una gráfica de resistencia contra longitud, a partir de los valores obtenidos en la tabla 2.13.
 7. ¿Qué relación nos muestra la gráfica y la tabla 2.13 respecto a resistencia contra longitud?.
-
-

8. Con los valores de la tabla 2.14, realice una gráfica de resistencia contra área.
 9. ¿Qué relación de proporcionalidad observa a partir de la grafica elaborada en la pregunta 8?
-
-

10. ¿Qué conclusión obtiene a partir de la tabla 2.15?
-
-

11. Elabore una gráfica resistencia contra temperatura con los datos de la tabla 2.16.
 12. En el caso de un conductor ¿Cómo varía la resistencia en función de la temperatura y por qué?
-
-

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA.

2.5 PRÁCTICA No. 5 USO Y MANEJO DEL OSCILOSCOPIO

CUESTIONARIO PREVIO.

1. Muestre un diagrama básico del tubo de rayos catódicos e indique la función de cada una de sus partes.
2. Mencione. ¿Qué mediciones es posible efectuar con el osciloscopio?
3. Atendiendo a señales periódicas defina los conceptos de: Amplitud, periodo, frecuencia y longitud de onda.

OBJETIVOS.

- I. Observar formas de onda mediante el osciloscopio.
- II. Conocer los conceptos de frecuencia, periodo y sus mediciones mediante el osciloscopio.
- III. Analizar los parámetros que caracterizan a la señal de c.a. y el método para su medición.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Señales de c.a. y c.c.
2. Voltaje eficaz y voltaje pico a pico.
3. Frecuencia, periodo y longitud de onda.

MATERIAL Y EQUIPO

- Osciloscopio y accesorios.
- Multímetro analógico.
- Generador de señales.
- Fuente escalonada.
- Cables de conexión

DESARROLLO

Determinación de la frecuencia mediante la medición del periodo.

- a) Ajusta la señal del generador de señales a 1000 Hz y un voltaje de salida de 5 [V] de Amplitud.
- b) Conecte la señal de salida del generador a la entrada del osciloscopio.
- c) Utilice el osciloscopio para medir el periodo. Anote sus mediciones en la tabla 2.17.
- d) Repita la medición anterior para frecuencias de 2000, 3000, 4000 y 5000 Hz.

Frecuencia de entrada [Hz]	Periodo[s]	Frecuencia calculada [Hz]
1000		
2000		
3000		
4000		
5000		

Tabla 2.17

Medición de ondas de C.A.

- Con la fuente escalonada considere la salida del primer valor dado en la tabla 2.18
- Ajuste la sensibilidad del eje "Y" a 1 Volt/división
- Conecte la señal de salida de la fuente a la entrada del osciloscopio
- Ajuste la base de tiempo del osciloscopio de manera que aparezcan varios ciclos en la pantalla.
- Mida los valores de pico y de pico a pico. Anote sus mediciones en la tabla 2.18
- Repita la medición anterior para los valores indicados en la tabla 2.18
- Medir el valor eficaz de las diferentes salidas con el multímetro analógico y anote en la tabla 2.18

Señal corriente alterna	señal de [V]	Valor pico (V_p) [V]	Valor pico a pico (V_{pp}) [V]	Valor eficaz calculado [V]	Valor eficaz medida [V]
	2				
	4				
	6				
	8				
	10				

Tabla 2.18

PREGUNTAS

- Con base a la tabla 1 determine la frecuencia mediante la medición del periodo.
- Calcule el valor eficaz pedido en la tabla 2.18
- Con base a la tabla 2.18, los valores de voltaje eficaz medido y calculado son iguales. Explique.

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA

2.6 PRÁCTICA No. 6 FUENTES DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

CUESTIONARIO PREVIO

1. Explique qué es una fuente de fuerza electromotriz.
2. Enuncie cuatro tipos diferentes de fuerza electromotriz, así como sus principios básicos de funcionamiento.
3. ¿Qué es una batería primaria y una batería secundaria?
4. ¿Qué es un electrolito? Dé algunos ejemplos de electrolito.
5. Explique el fenómeno de electrólisis.

OBJETIVOS

- I. Distinguirá las diferentes fuentes de fuerza electromotriz de corriente continua, directa y alterna.
- II. Obtendrá la diferencia de potencial de algunos electrodos en solución electrolítica.
- III. Determinará la resistencia interna de una fuente de fuerza electromotriz.
- IV. Conocerá las diferentes conexiones de pilas.

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Fuentes de fuerzas electromotriz
2. Resistencia interna de una fuente de fuerza electromotriz
3. Conexiones de pilas.

MATERIAL Y EQUIPO

- Un osciloscopio con accesorios.
- Un motor generador.
- Celda fotovoltaica.
- Dos multímetros (digital y analógico)
- Una fuente de poder.
- Electrodos de cobre, plomo, carbón, aluminio y otros.
- Un recipiente con solución de H_2SO_4 y agua.
- Cuatro pilas de 1.5 [V] (tres nuevas y una usada).
- Dos resistencias 100 [Ω] y 10 [Ω] las dos a 1/2 [W].
- Diez cables para conexión.
- Un termopar.
- Un encendedor o mechero de alcohol.

DESARROLLO

Fuentes de Fuerza Electromotriz

- a) Observe con ayuda del osciloscopio, las formas de onda de las siguientes fuentes de fuerza electromotriz (fems). Celda fotovoltaica, termopar, pila y generador.

Diferencia de potencial de electrodos

- b) Arme el circuito de la figura 2.20

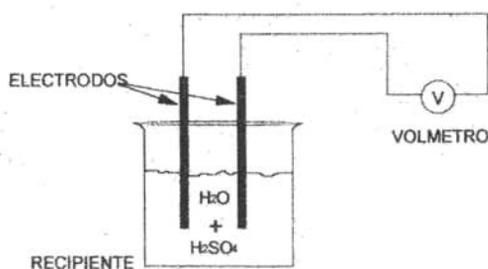


Figura 2.20

- c) Coloque dos electrodos de diferente material según la tabla 2.19, mida la diferencia de potencial y concierte sus resultados en la misma.

ELECTRODO	POLARIDAD	VOLTAJE
cobre - plomo		
cobre - carbón		
cobre - aluminio		
plomo - carbón		
carbón - aluminio		
plomo - aluminio		

Tabla 2.19

Resistencia Interna de una fuente

- d) Arme el circuito de la figura 2.21

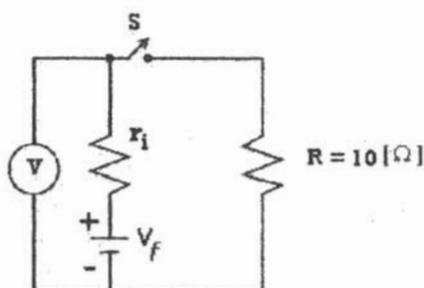


Figura 2.21.

- e) Mida el voltaje de la pila (nueva) en vacío, con el interruptor "S" abierto, concentre sus mediciones en la tabla 2.20
- f) Ahora cierre el interruptor S y a continuación mida el voltaje.
- g) Cambie la pila nueva por la pila usada y la resistencia de 10Ω por la resistencia de 100Ω en el circuito de la figura 2.21.
- h) Mida el voltaje de la pila (usada) en vacío, con el interruptor abierto.
- i) Ahora cierre el interruptor S y a continuación mida el voltaje.

PILA	$R [\Omega]$	$V_f [V]$	$V_R [V]$	$r_i [\Omega]$
NUEVA	10			
USADA	100			

Tabla 2.20

Conexión de pilas

- j) Mida el voltaje de cada pila de $1.5 [V]$ y anote sus lecturas en la tabla 2.21 (identifique cada pila)

Pila	A	B	C	D
Voltaje [V]				

Tabla 2.21

- k) Conecte dos pilas (serie aditiva) según se muestra en la figura 2.22, mida y anote en la tabla 2.22 el voltaje total entre terminales, a continuación repita lo mismo con 3 y 4 pilas en conexión "serie aditivo".

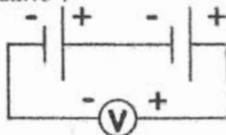


Figura 2.22

Número Pilas	Voltaje [V]	
	Serie	Paralelo
2		
3		
4		

Tabla 2.22

- l) Conecte dos pilas en paralelo según se muestra en la figura 2.23, mida y anote en la tabla 2.22 el voltaje total entre terminales y a continuación repita lo mismo con 3 y 4 pilas.

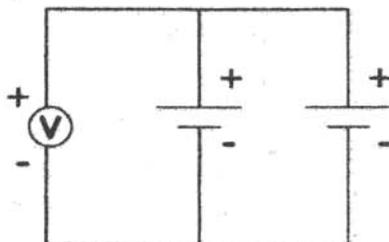


Figura 2.23

- m) Conecte las pilas como se indica en la figura 2.24 y 2.25 (conexión serie sustractivo), mida y anote en la tabla 2.23 el voltaje total entre terminales.

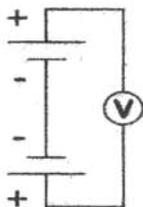


Figura 2.24

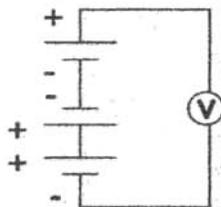


Figura 2.25

Número de pilas	Voltaje [v]
2	
3	

Tabla 2.23

PREGUNTAS

1. Clasifique en base a lo observado, en el inciso a) qué tipo de voltaje genera cada fuente de FEM.

2. Indique y anote en una gráfica la señal de voltaje observada en el inciso a) para cada FEM.
3. ¿Qué combinación de electrodo dio la máxima diferencia de potencial, tomando de referencia la tabla 2.19?

4. ¿Por qué para una misma densidad de electrolito, la diferencia de potencial de cada electrodo es diferente?

5. ¿Qué lectura registró el volmetro, para la pila nueva en vacío en el inciso e?

6. ¿Qué lectura registro el volmetro en el circuito de la figura 2.21 en el inciso f?

7. ¿Con las lecturas obtenidas en la pregunta 5 y 6, obtenga el valor de la resistencia interna de la fuente (use la fórmula desarrollada en los conceptos básicos).
8. ¿Qué lectura registró el volmetro para la pila usada en vacío inciso h?

9. ¿Qué lecturas registró el voltímetro figura 2.21 con la pila usada en el inciso i?

10. Con las lecturas obtenidas en la pregunta 8 y 9, obtenga el valor de la resistencia interna de la fuente.

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA.

2.7 PRÁCTICA No. 7 LEYES DE KIRCHHOFF Y CIRCUITOS R.C.

CUESTIONARIO PREVIO

1. Enuncie la ley de corrientes de Kirchhoff, así como su expresión matemática.
2. Enuncie la ley de voltajes de Kirchhoff, así como su expresión matemática.
3. ¿Se cumple el principio de conservación de energía para las dos leyes anteriores?
4. Para el circuito de la segunda figura de los fundamentos teóricos deduzca la ecuación $V_R(t)$ en el proceso de carga y descarga del capacitor (posición a y b respectivamente) y realice las gráficas correspondientes para cada caso.
5. Auxíliase por medio de la gráfica de voltaje de carga en un capacitor y represente el significado de la constante de tiempo para un circuito RC.

OBJETIVOS

- I. Verificar experimentalmente las leyes de Kirchhoff aplicadas a circuitos de corriente directa.
- II. Efectuará mediciones de voltaje en el capacitor y la resistencia durante la carga y descarga experimental del circuito RC.
- III. Medirá la constante de tiempo de un circuito RC.

CONCEPTOS NECESARIOS.

1. Terminología de redes y leyes de Kirchhoff
2. Uso y manejo del osciloscopio
3. Proceso de energización y desenergización de un circuito RC.
4. Constante de tiempo de un circuito RC.

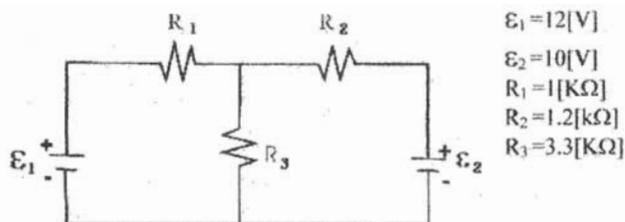
MATERIAL Y EQUIPO

- Dos fuentes de poder
- Un osciloscopio con accesorio
- Un generador de funciones
- Un multímetro
- Tres resistencias (1 [KΩ], 1.2 [KΩ], y 3.3 [kΩ]), todas a 1 [W]
- Un potenciómetro de 0 – 1 [kΩ]
- Un capacitor de 0.047 [μF] a 10 [V]
- Conjunto de cables para conexión

DESARROLLO

Circuitos de corriente directa y leyes de Kirchhoff

- a) Arme el circuito mostrado en la figura 2.26
- b) Realice mediciones de voltaje y corriente de acuerdo a la tabla 2.24 y concentre sus mediciones en la misma.



$$\begin{aligned} \mathcal{E}_1 &= 12[\text{V}] \\ \mathcal{E}_2 &= 10[\text{V}] \\ R_1 &= 1[\text{k}\Omega] \\ R_2 &= 1.2[\text{k}\Omega] \\ R_3 &= 3.3[\text{k}\Omega] \end{aligned}$$

Figura 2.26

RESISTENCIA	CORRIENTE [A]	VOLTAJE [V]
R_1		
R_2		
R_3		

Tabla 2.24

Circuito RC

- Calibre el osciloscopio en voltaje y frecuencia
- Ajuste el generador de tal manera que obtenga una señal de pulsos de 5 V C.D de amplitud y 2KHz de frecuencia
- Alambre el circuito de la figura 2.27

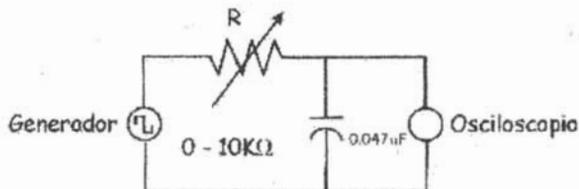


Figura 2.27

- Varie el potenciómetro hasta obtener una señal fácil de medir
- Con ayuda del osciloscopio observe el voltaje en el capacitor y en la resistencia.
- Desconecte la resistencia del circuito y mídala con el ohmetro anotando su valor, $R=$

PREGUNTAS

1. ¿Qué concluye respecto a los valores obtenidos experimentalmente y teóricamente en el circuito de la figura 2.26?

2. ¿Se cumple el principio de conservación de la energía para las lecturas de la tabla 2.24? ¿Qué consideraciones hay que hacer?

3. Realice una gráfica acotada del voltaje en el capacitor y en el resistencia, en el proceso de carga y descarga inciso g.

4. Realice la suma de las gráficas de voltaje anteriores. Explique el resultado.

5. De la gráfica de voltaje de energización, anote el voltaje y encuentre el valor de la constante de tiempo

6. Calcule el valor de la Capacitancia del capacitor empleado a partir de la constante de tiempo y el valor de la resistencia medida en el inciso h).

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA

2.8 PRÁCTICA No. 8 CAMPOS MAGNÉTICOS ESTACIONARIOS

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina el concepto de magnetismo y enuncie algunas fuentes de campo magnético estacionario.
2. Enuncie las características más relevantes de las líneas de fuerza que representan un campo magnético estacionario. Además dibuje auxiliándose por medio de líneas de fuerza la configuración de campo magnético debido a: un imán recto y uno en forma de U.
3. Describa el experimento de Oersted, así como la regla de la mano derecha.
4. Enuncie la ley de Ampere así como su expresión matemática.
5. Exprese la relación matemática debido a la fuerza magnética que obra sobre una carga eléctrica que se mueve en una región en la cual existe un campo magnético uniforme.

OBJETIVOS

- I. El alumno observará configuraciones campo magnético debido a imanes de diferente forma, así como a una corriente eléctrica que circula en un hilo conductor.
- II. Observará la relación de la fuerza magnética entre los polos de un imán, así como los producidos por un electroimán.

CONCEPTOS NECESARIOS.

1. Campo magnético
2. Características de las líneas de inducción magnética
3. Experimento de Oersted
4. Ley de Ampere
5. Fuerza magnética

MATERIAL Y EQUIPO

- Dos imanes rector (cilíndricos)
- Un imán en forma de U
- Un electroimán
- Un dispositivo de Oersted
- Limadura de hierro
- Una bobina con su base
- Un solenoide con núcleo de hierro
- Una fuente de poder Lab. II
- Cuatro brújulas
- Diez cables para conexión
- Una balanza granatoria
- Una regla graduada
- Un soporte universal y accesorios

DESARROLLO

Configuraciones de campo magnético

- Coloque una hoja de papel sobre el imán recto y rocíe limadura de hierro sobre él, considerando el eje del imán en posición vertical y en posición horizontal.
- Repita el inciso a) ahora con el imán en forma de U.
- Coloque dos imanes rectos con sus polos norte, uno frente al otro, ponga una hoja sobre ellos y rocíe limadura de hierro sobre ella, repita el procedimiento colocando polos contrarios

NOTA: Verificar la polaridad del imán auxiliándose por medio de la brújula

Experimento de OERSTED

- Coloque cuatro brújulas en el perímetro de una circunferencia alrededor del hilo conductor del dispositivo de OERSTED. (cerciórese que todas las brújulas señalen en la misma dirección: norte geográfico).

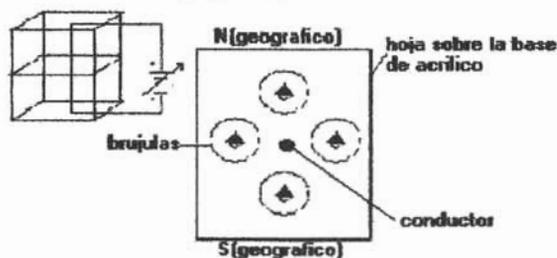


Figura 2.28

- Empleando la fuente de poder suministre una corriente eléctrica de 10 (A) por el conductor y compruebe la existencia del campo magnético debido a la corriente que circula por el hilo conductor.
- Verifique que el sentido del campo magnético indicado por la brújula. ¿Coincide con la regla de la mano derecha?
- Desenergice el dispositivo de OERSTED.
- Quite las brújulas y coloque una hoja de papel a continuación rocíe limadura de hierro y observe la configuración del campo magnético.

Campo magnético producido por una bobina circular y un solenoide

- Coloque en el plano de la bobina circular, sobre el eje central cuatro brújulas (cerciórese que el eje de la bobina no coincida con el norte – sur geográfico)
- Conecte la fuente de poder y ajuste la corriente eléctrica a 5 (A). Observe la orientación de las brújulas.
- Conecte la fuente de poder al solenoide y ajuste el voltaje hasta tener una corriente de 4 (A).
- A continuación coloque una hoja de papel sobre el solenoide estando este en posición horizontal y rocíe limadura de hierro ¿Qué concluye al respecto?

Fuerza magnética entre polos magnéticos

- m) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 2.29 y fije una distancia de 12 [cm]. entre las caras de ambos imanes.
- n) A continuación por medio de los jinetillos restablezca el equilibrio concentre su lectura en la tabla 2.25 Verifique que el fiel de la balanza marque cero.
- o) Repita lo anterior para distancias según la tabla 2.25 y concentre sus resultados en la misma.
- p) Sustituya el imán superior por el electroimán, colóquelo a una distancia de 8 [cm]. y conéctela a la fuente de poder de manera que provoque repulsión al circular corriente por él.
- q) Ajuste la corriente según los valores de la tabla 2.26 y para cada caso restablezca el equilibrio en la balanza; concentrando sus valores en la misma tabla 2.26

DISTANCIA [cm.]	MASA [Kg.]	FUERZA [N]
12		
10		
8		
6		
4		
2		

Tabla 2.25

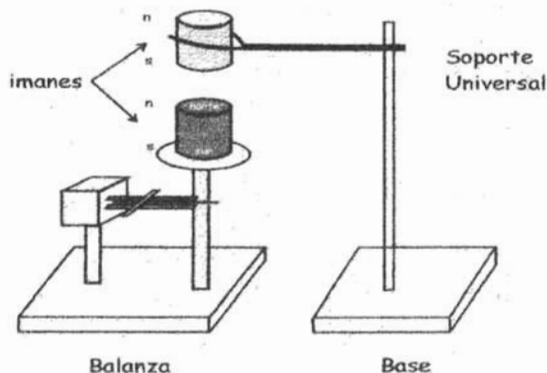


Figura 2.29

CORRIENTE [A]	MASA [Kg.]	FUERZA [N]
1		
2		
3		
4		
5		

Tabla 2.26

PREGUNTAS

1. Dibuje la forma de las líneas de campo magnético producidas en el plano de la hoja por el imán recto, estando el eje del imán:
 - 1.1. En posición vertical
 - 1.2. En posición horizontal
 - 1.3. ¿Qué concluye al respecto?
2. Dibuje la forma de las líneas de campo magnético producidas en el plano de la hoja por el imán, estando el eje de simetría.
 - 2.1. En posición vertical
 - 2.2. En posición horizontal
 - 2.3. ¿Qué concluye al respecto?
3. Dibuje las líneas de campo magnético producido en el plano de la hoja por los dos imanes
4. Dibuje la configuración de campo magnético auxiliándose por medio de líneas de fuerza. Observadas en el inciso h.
5. Auxíliase con las brújulas para obtener la configuración del campo magnético utilizadas en el inciso e ¿Qué concluye al respecto?

6. Si invierte el sentido de la corriente ¿Cuáles serían sus conclusiones respecto a las líneas de fuerza?

7. Considerando los valores de la tabla 2.25. ¿Cómo varía la magnitud del campo magnético sobre el eje del solenoide? Escriba la ecuación matemática que cuantifica esta variación.

8. Tabule los resultados de la tabla 2.25 en una gráfica de fuerza magnética contra distancia y escriba la relación matemática de este comportamiento ¿Cómo varía la fuerza magnética respecto a la distancia?

9. Grafique la fuerza magnética contra corriente eléctrica con los valores obtenidos en la tabla 2.26 ¿Cómo varía la fuerza magnética respecto a la corriente?

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA

2.9 PRÁCTICA No. 9 LEY DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE FARADAY

CUESTIONARIO PREVIO

2. Defina la ley de inducción Electromagnética de Faraday.
3. Defina la ley de Lenz.
4. Enuncie el principio básico del transformador eléctrico.
5. Enuncie el principio básico del generador de corriente alterna (c.a).

OBJETIVOS

- Aplicación de la ley de inducción de Faraday.
- Fundamentos básicos del transformador eléctrico.
- Aplicación del transformador como elevador o reductor de voltaje

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Inducción Electromagnética
2. Ley de Lenz
3. Campo magnético variable en el tiempo

MATERIAL Y EQUIPO

- Una bobina de 1200 espiras
- Dos bobinas de 600 espiras
- Un núcleo de hierro en forma de “U”
- Dos multímetros
- Una resistencia de $1.81[k\Omega]$ a $10[W]$
- Conjunto de cables de conexión
- Dos interruptores
- Un variac

DESARROLLO

PRINCIPIO BÁSICO DEL TRANSFORMADOR ELÉCTRICO:

Transformador regulador

Medición de voltaje

- a) Arme el circuito mostrado en la figura 2.30 empleando las bobinas iguales de 600 espiras

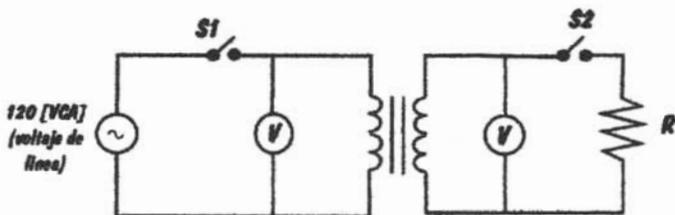


Figura 2.30

Cerrando únicamente el interruptor S_1 :

- b) Mida el voltaje en el primario en vacío
 - c) Mida el voltaje en el secundario en vacío
- Anote los datos obtenidos en la tabla 2.27.

Ahora con los dos interruptores (S_1 y S_2) cerrados:

- d) Mida el voltaje en el primario con carga
 - e) Mida el voltaje en el secundario con carga
- Anote los datos obtenidos en la tabla 2.27.

Medición de corriente

- f) Arme el circuito de la figura 2.31, empleando las bobinas (600 espiras)

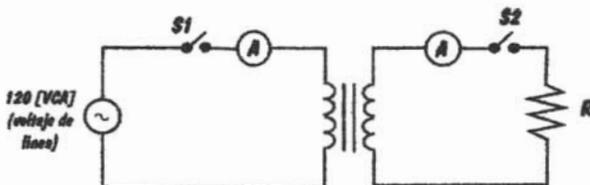


Figura 2.31

Cerrando únicamente el interruptor S_1 :

- g) Mida la corriente en el primario en vacío
- Anote los datos en la tabla 2.27

Ahora con los dos interruptores (S_1 y S_2) cerrados:

- h) Mida la corriente en el primario con carga.
 - i) Mida la corriente en el secundario con carga.
- Anote los datos en la tabla 2.27

Circuito	Voltaje [V]		Corriente [A]	
	Primario	Secundario	Primario	Secundario
En vacío				-----
Con carga				

Tabla 2.27

Transformador reductor de voltaje.

- j) Reemplazar en el circuito primario de la figura 2.28, la bobina de 600 espiras por una de 1200 espiras.
 k) Realice las mediciones de la misma forma en que lo hizo en el experimento anterior. Anote los resultados en la tabla 2.28

Circuito	Voltaje [V]		Corriente [A]	
	Primario	Secundario	Primario	Secundario
En vacío				-----
Con carga				

Tabla 2.28

Transformador elevador de voltaje.

- l) Realice las mismas mediciones que los experimentos 1 y 2 pero ahora colocando la bobina de 600 espiras en el primario y la de 1200 espiras en el secundario. Anote los resultados en la tabla 2.29.

Circuito	Voltaje [V]		Corriente [A]	
	Primario	Secundario	Primario	Secundario
En vacío				-----
Con carga				

Tabla 2.29

Transformador	N _p	N _s	a	V _{p(t)}	V _{s(t)}		V _{eff}	V _{tes}
					EXP.	TEOR.		
Básico								
Reductor								
Elevador								

Tabla 2.30

PREGUNTAS

1. ¿Se verificó el fenómeno de inducción electromagnética del circuito primario al secundario?

2. ¿Se comprobó la acción transformadora en cada caso?

3. ¿Qué factores cree que intervengan respecto de sus resultados teóricos y experimentales?

4. Con los datos de los experimentos realizados llene la tabla 2.30 y calcule el voltaje del secundario y los flujos magnéticos, para cada caso.

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA

2.10 PRÁCTICA No. 10 PROPIEDADES MAGNÉTICAS

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina los conceptos siguientes:
 - 1.1. Diamagnetismo
 - 1.2. Paramagnetismo
 - 1.3. Ferromagnetismo
2. Defina el concepto de momento dipolar magnético.
3. Deduzca la expresión matemática que relaciona el campo magnético generado en el núcleo del solenoide con la corriente eléctrica que fluye en el mismo y describa sus características.
4. Indique las unidades de intensidad de campo magnético \vec{H} y el campo magnético \vec{B} así como la expresión que relaciona ambas.
5. Defina el fenómeno de histéresis en los materiales ferromagnéticos.

OBJETIVOS

- I. Aprenderá a utilizar el flujometro para la medición de flujo magnético
- II. Clasificará a los materiales que se usen en diamagnéticos, paramagnéticos o ferromagnéticos.
- III. Verificará experimentalmente el ciclo de histéresis en materiales ferromagnéticos

CONCEPTOS NECESARIOS

1. Propiedad magnética de la materia
2. Diamagnetismo
3. Paramagnetismo
4. Ferromagnetismo

MATERIAL Y EQUIPO

- Un solenoide
- Tres núcleos (aluminio, cobre, hierro)
- Un medidor de flujo magnético
- Una fuente de poder de 0-10VCD; 14A
- Conjunto de cables de conexión

DESARROLLO

- a) El profesor explicará el uso y manejo del flujometro para medición de flujo magnético.
- b) Con ayuda del profesor se calibrará el flujometro, estará listo para realizar mediciones.
- c) Conecte la fuente de poder al solenoide como se muestra en la figura 2.32
- d) Gire la perilla de voltaje hasta la mitad y ajuste la perilla de corriente hasta 2.6 A
- e) Una vez que la fuente marque 2.6 A desconecte el solenoide

NOTA: Las tomas de lectura con aire deben realizarse en el menor tiempo posible, pues sin núcleo la bobina sufre un calentamiento excesivo.

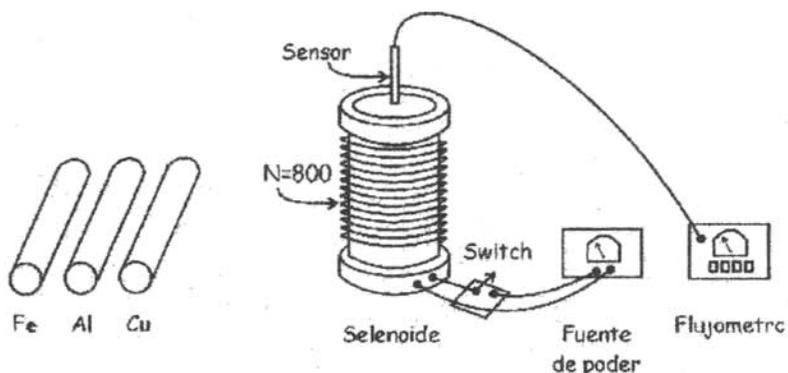


Figura 2.32

NOTA: Durante la toma de lecturas evite usar anillos, relojes o adornos metálicos.

f) Con el flujometro encendido se coloca el sensor de este a un centímetro arriba del centro del solenoide evitando que se mueva.

g) Seleccione la escala máxima de lectura en el flujometro y conecte el solenoide a la fuente de alimentación con una corriente de alimentación de 2.6 A. Si no registra lectura en el flujometro cambie a una escala apropiada.

h) Varie la corriente en intervalos de 0.4 A y para cada lectura concentre la misma en la tabla 2.31.

I [A]	LECTURA EN EL FLUJOMETRO [Wb/m ²]				CAMPO MAGNETICO B CALCULADO [T]			
	AIRE	ALUMINIO	COBRE	HIERRO	AIRE	ALUMINIO	COBRE	HIERRO
2.6								
2.2								
1.8								
1.4								
1.0								
0.6								
0.2								

Tabla 2.31

NOTA: Evite cambiar de núcleo cuando esté pasando corriente.

j) Para cada uno de los núcleos se repite el procedimiento a partir del punto g) y concentre sus lecturas en la tabla 2.31.

NOTA: Se recomienda realizar las lecturas sin cambiar en lo posible la escala.

PREGUNTAS

1. Para cada uno de los núcleos (incluyendo el aire), realice una gráfica con la variable independiente en el eje de las abscisas y con la variable dependiente en el de las ordenadas. Use papel milimétrico.
2. Mediante el método de mínimos cuadrados establezca la ecuación de la recta que mejor se ajusta a los resultados obtenidos (el modelo matemático).
3. Calcule la permeabilidad relativa de cada uno de los materiales, en las unidades adecuadas

NOTA:
$$\mu_r = \frac{|\vec{B}|}{|\vec{B}_0|}$$

B = campo magnético en el material

B₀ = campo magnético en el aire

4. Clasifique magnéticamente los núcleos y corrobore con los libros de texto
5. **ESCRIBA SUS OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA.**

UNIDAD III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de todas las practicas pueden variar de acuerdo al material que se este utilizando e inclusive a las condiciones climatologicas; así mismo con los equipos de medición, sin embargo los datos que se presentan en el capitulo nos dan un panorama general de las respuestas esperadas.

3.1 PRÁCTICA No. 1 CARGA ELÉCTRICA, CAMPO Y POTENCIAL ELÉCTRICO

CUESTIONARIO PREVIO

1.-Defina los siguientes conceptos: carga eléctrica y la ley de la conservación de la carga.

R:

Carga eléctrica

- Es una propiedad inherente a la materia.
- Es una de las propiedades fundamentales de las partículas de que está hecha la materia⁽¹⁾.
- Es una de característica intrínseca de las partículas fundamentales que conforman los objetos, es decir, que automáticamente acompaña estas partículas dondequiera que existan⁽²⁾.

Ley de la conservación de la carga.

- La carga no se crea, ni se destruye solo se transfiere de un material a otro, alterando ligeramente la neutralidad eléctrica de cada uno.
- La suma algebraica de todas las cargas eléctricas en cualquier sistema cerrado es constante⁽¹⁾.
- La carga no se crea, sino sólo transfiere de un cuerpo a otro, lo cual altera la neutralidad eléctrica de cada cuerpo durante el proceso.⁽²⁾.

2.-Los tres procedimientos básicos para cargar un cuerpo eléctricamente son: frotamiento,

inducción y contacto. ¿En qué consiste cada procedimiento?

R.

- FROTAMIENTO. Es cuando dos cuerpos se frotan entre sí y provocan un aumento de temperatura, por tanto los electrones adquieren energía cinética, lo que provoca que los electrones pasen de el material más conductor al menos conductor.
- Inducción. Cuando se acerca un objeto cargado negativamente, los electrones en el segundo objeto serán rechazados por el primer objeto. Entonces, ese extremo tendrá una carga positiva.

- Contacto. Cuando un objeto cargado negativamente toca un objeto neutro los electrones fluyen al objeto neutro y queda cargado negativamente. Sucede lo mismo con un objeto cargado positivamente

Nota: La transferencia solo ocurre debido a los electrones

3.-Charles Augustin Coulomb estableció la ley de las fuerzas electrostáticas. Enuncie brevemente en que consiste su experimento, establezca su ecuación e identifique cada término en ella.

R.

- **LEY DE LAS FUERZAS ELECTROSTÁTICAS.** Charles Augustin de Coulomb en 1784, uso una balanza de torsión considerando cuerpos cargados muy pequeños en comparación con la distancia r entre ellos. Coulomb encontró que la fuerza eléctrica es

proporcional a $1/r^2$. Esta es, cuando la distancia r se duplica la fuerza decrece a $1/4$ de su

valor, cuando la distancia se reduce a la mitad, la fuerza se incrementa a cuatro veces de

su valor inicial.

La fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales depende también de la cantidad de carga

sobre cada cuerpo, Coulomb dividió una carga en dos partes iguales colocando un pequeño conductor esférico cargado en contacto con una esfera idéntica pero descargada; por simetría, la carga es compartida en partes iguales por las dos esferas.

De esta forma Coulomb podría haber obtenido la mitad, un cuarto, etc. de cualquier carga inicial.

Pudiendo variar así la distancia y la magnitud de la carga, encontrando la Ley de Coulomb. La magnitud de la fuerza eléctricas que entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias entre ellas.⁽¹⁾



Balanza de torsión

$$\vec{F}_e = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{e}_{12}$$

F_e - Fuerza eléctrica [N]

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

q_1 y q_2 Cargas eléctricas [C]

$$k = 9 \times 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$$

r_{12} - Distancia entre las cargas [m]

k es la constante de proporcionalidad

$$\hat{e}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}}$$

$\epsilon_0 = (8.85 \times 10^{-12} \left[\frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \right])$ es la permitividad

del vacío

4.-Explique brevemente el principio de operación del generador Van De Graaff

R:

- La banda móvil sube las cargas al domo metálico aislado. En la fuente de iones se liberan partículas cargadas y se liberan hacia abajo a través del tubo al vacío para chocar con el blanco en operación. ⁽³⁾
- Una carga positiva se esparce sobre la banda móvil, mediante una punta aguda (punta de corona). La banda transporta la carga a la terminal de alto voltaje, en donde se remueve por otra punta de corona y pasa al conductor exterior. Dentro de la terminal hay una fuente de iones positivos; los iones caen desde el potencial elevado, adquiriendo una energía cinética de varios MV en el proceso. ⁽¹⁾

5.-Defina el concepto de intensidad de campo eléctrico y establezca su expresión matemática para placas planas.

R:

- El espacio que rodea un cuerpo cargado, es un campo eléctrico.
- La intensidad del campo eléctrico se define como la fuerza eléctrica por unidad de carga. ⁽¹⁾

$$E = \frac{F}{q} \quad \text{Donde; } F \text{ es la fuerza que sufre la carga de prueba y } q \text{ es la carga de prueba}$$

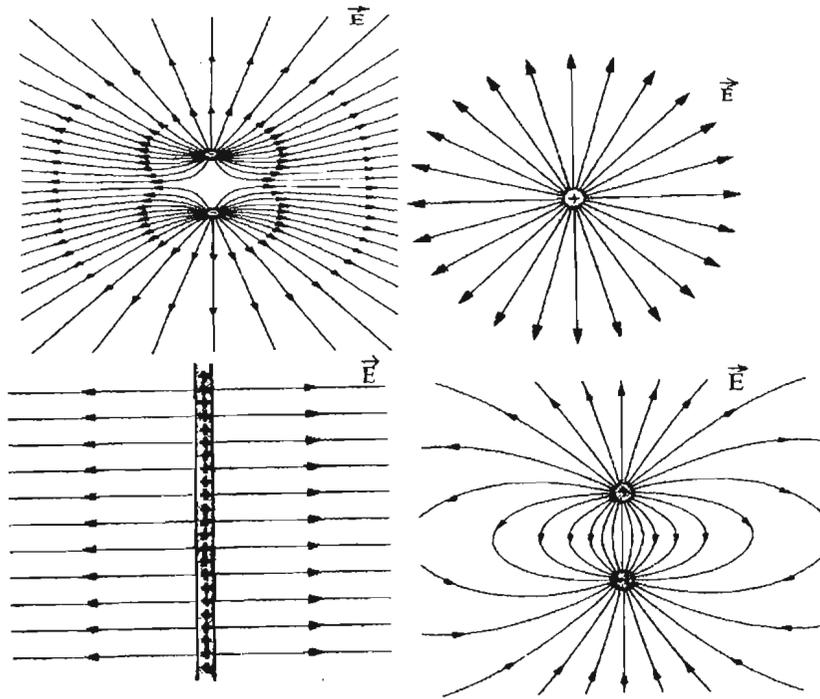
$$E = \left(\frac{V}{L} \right) \quad \text{Campo eléctrico entre dos placas planas paralelas considerando el potencial eléctrico}$$

6.-Enuncie las características de las líneas de campo eléctrico y represente tres ejemplos de

configuraciones de campo eléctrico debido a cuerpos cargados.

R:

- Las líneas dan la dirección del campo eléctrico en cualquier punto.
- Las líneas se originan en la carga positiva y terminan en la carga negativa.
- Las líneas se trazan de tal modo que el número de líneas por unidad de área de sección transversal, es proporcional a la magnitud del campo eléctrico.
- Las líneas con dirección normal al área de donde salen o entran y nunca se cruzan.

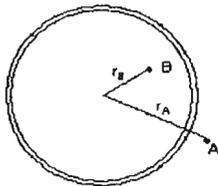


7.-Se afirma que en el interior de un material conductor cargado el campo eléctrico es cero.

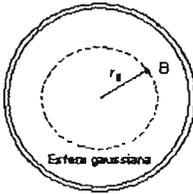
Dé una explicación al respecto.

R:

- En un casquete esférico de metal como el de la siguiente figura



para encontrar el campo en el punto B, se debe tomar una superficie gaussiana que pasa por este punto. Para hacer uso de la simetría esférica, se toma una esfera gaussiana como se muestra en la figura siguiente



ya que no hay carga por tener una distribución superficial dentro de la esfera así considerada, la ley de gauss da

$$\int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q = 0$$

E es radial y su magnitud es constante, así que la integral es

$$E_B \int_S dA = 0$$

La integral sobre dA es $4\pi R^2$ y así se encuentra que

$$E_B (4\pi R^2) = 0$$

de donde $E_B = 0$

Por tanto, se concluye que el campo dentro de un casquete esférico uniformemente cargado es cero⁽³⁾

8.- Defina el concepto de potencial eléctrico como función del campo eléctrico y establezca su ecuación.

R.

- Se define como al trabajo realizado al transportar una carga de un punto a otro
- Como la energía potencial por unidad de carga de prueba. Pero hay que recordar que el trabajo depende de la fuerza y a su vez la fuerza se puede relacionar directamente con el campo eléctrico. Por tanto podemos decir que el potencial eléctrico es directamente proporcional al campo eléctrico, como se puede observar en la siguiente ecuación .

$$W_{ob} = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = (-q_0 E)(L) = -q_0 EL$$

$$V_b - V_a = \frac{U_b - U_a}{q_0} = \frac{-W_{ob}}{q_0} = -\left(-\frac{qEL}{q} \right)$$

$$V_b - V_a = -EL$$

9.- La distribución del potencial eléctrico en un campo eléctrico puede representarse gráficamente por superficies equipotenciales. Describa las características más relevantes de una superficie equipotencial y mencione tres ejemplos.

R.

- Son aquellas superficies que en cualquier punto de esta tiene el mismo potencial .
- Una superficie equipotencial, es una superficie sobre la cual el potencial eléctrico V es igual en todos sus puntos.⁽²⁾

- Ejemplos: Líneas de transmisión, malla electrificada y cinescopio

10. Si se conoce la función de potencial eléctrico en cierta región del espacio. Defina la ecuación que permite calcular el campo eléctrico en esa región (gradiente de potencial);

Dar su respuesta en coordenadas cartesianas.

$$R. \mathbf{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \mathbf{k}\right)$$

DESARROLLO

Formas de cargar y descargar un cuerpo eléctricamente.

a) Frote un paño de lana y una barra de vidrio, toque con la barra de vidrio el electroscopio de láminas figura 3.1

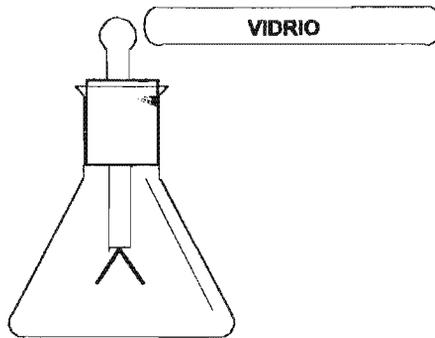


Figura 3.1

NOTA: Sugerencia usar el guante de látex para tomar la barra de vidrio

En este caso se observa como se carga el cuerpo por medio de frotamiento y cuando se toca el electroscopio de laminas ahí se carga por contacto, en este caso las laminas deben de quedar abiertas cuando se retire la barra de vidrio.

Si no funciona con la barra de vidrio puede usar la regla de plástico y frotarla con la ropa o con el cabello

b) Frote nuevamente la barra de vidrio con el paño de lana y acerque la barra de vidrio al electroscopio de lámina sin que se toque.

Al acercar la barra de vidrio al electroscopio sin tocarlo se observa la carga por inducción al separarse las láminas, en este caso las laminas deben juntarse al retirar la barra de vidrio

Principio de operación del electroscopio y generador Van De Graaff.

c) Quite el casco del generador Van De Graaff y observe su funcionamiento.

d) Acerque la esfera de carga inducida al casco del generador Van De Graaff y acérquelo al electroscopio de láminas y posteriormente al electroscopio electrónico.

En el generador se debe localizar la banda, las escobillas y la conexión de las escobillas en la esfera donde se almacena la carga.

Indicar que el potencial eléctrico puede ser de varios miles de Volts(15,000 aprox., pero la corriente que maneja es de mili Amperes).

Al acercar la esfera de carga inducida al electroscopio electrónico debe considerarse que el aire puede estar ionizado.

Configuración de campo eléctrico debido a diferentes formas geométricas de cuerpos cargados.

e) Considerar el siguiente dispositivo (Figura 3.2)

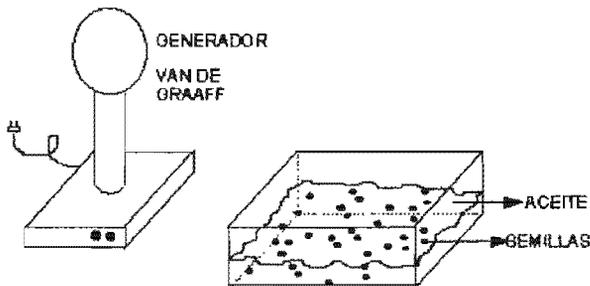


Figura 3.2

f) Vaya colocando los siguientes electrodos en la caja electrostática.

Un puntual (antes conecte al casco del generador).

Un conductor recto (antes conecte al casco del generador).

Dos puntuales (conecte uno al casco del generador y el otro a la base del mismo).

Una placa plana centrada en la caja electrostática (conecte al casco del generador)

Dos placas planas (conecte una al casco del generador y la otra a la base del mismo)

Un cilindro hueco (antes conecte éste al casco del generador)

Es conveniente orientar a los alumnos de cual es la configuración esperada, las semillas no deben remojarse por mucho tiempo si estas absorben aceite, la fuerza del generador no alcanzara para alinearlas. En caso de que el potencial no sea suficiente, se recomienda usar el generador electrónico.

Determinación de superficies equipotenciales debido a un campo eléctrico existente entre dos placas paralelas.

g) Arme el dispositivo de la figura 3.3 y aplique un voltaje de 20 [v]

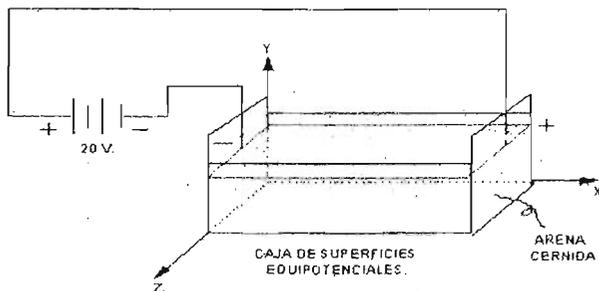


Figura 3.3

NOTA: Asegúrese que la arena se encuentre humedecida.

h) Con ayuda del voltmetro localice puntos entre las placas, en donde el voltaje sea constante e igual a 0, 4, 8, 12, 16 y 20. concentre sus lecturas en la tabla 3.1.

VOLTAJE [V]	DISTANCIA (EJE X) [cm]
0	0
4	2.5
6	5
8	7.5
12	10.5
20	13.5

Tabla 3.1.

Localice las superficies equipotenciales moviendo la terminal del multímetro lo más uniforme posible en las tres direcciones (X, Y y Z) y relacione con el gradiente de potencial, en este caso el voltaje debe ser constante cuando se mueva sobre Y y Z, y debe variar en X.

i) Introduzca un cilindro electrostático centrándolo en la caja de superficies equipotenciales, según se muestra en la figura 3.4.

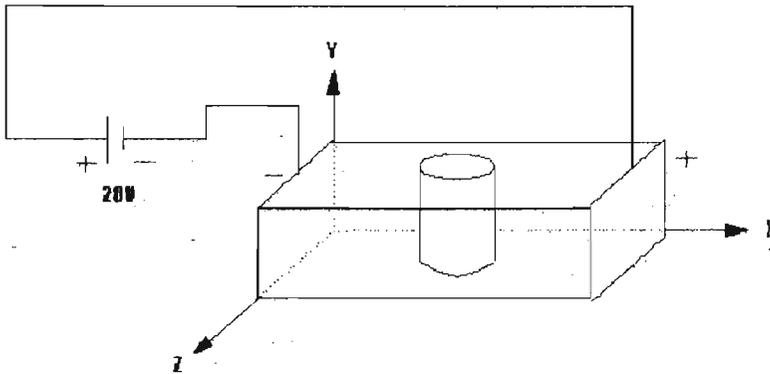


Figura 3.4.

- i) Con ayuda del voltímetro localice superficies equipotenciales fuera del cilindro metálico. Además compruebe que el interior del cilindro es un volumen equipotencial

VOLTAJE [V]	DISTANCIA [cm.]
10	2.5
15	3

Tabla 3.2

PREGUNTAS:

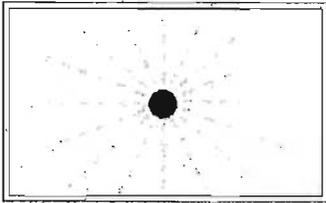
1. Explique que sucede con las hojas del electroscopio en el inciso a)
Al tocar el electroscopio de laminas con la barra de vidrio se abren las hojas y después de retirar la barra las hojas se quedan abiertas
2. ¿Qué sucede con las hojas del electroscopio? En el inciso b)
Al acercar la barra de vidrio al electroscopio de laminas se abren las hojas y después de retirar la barra las hojas se cierran
3. En el inciso a y b que formas de cargar un cuerpo se observó, Explique.
Al principio se carga por frotamiento, entre el paño y la barra de vidrio
Al tocar la barra cargada al electroscopio de lamina, se presenta la carga por inducción
Cuando se acerca la barra al electroscopio de laminas y las laminas se abren se muestra la inducción
4. Existió orientación de carga en el generador Van De Graaff
Si existe orientación, esta se pudo ver con el electroscopio electrónico

5. ¿Que polaridad tiene la carga del casco del generador?

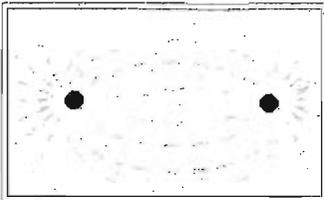
Por lo general debe ser positivo, recordando que la orientación depende de el material de la banda y de la esfera del Van De Graaff

6. Dibuje auxiliándose con líneas de fuerza las configuraciones que representan al campo eléctrico debido a los electrodos utilizados en el inciso f). Nota: Dibuje la configuración en un plano visto desde arriba de la caja electrostática.

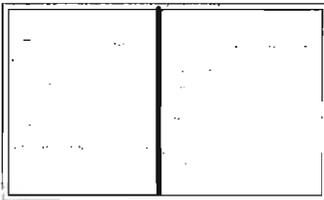
Un puntual.



Dos puntuales.



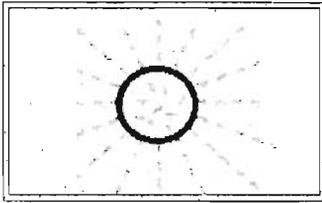
Una placa plana.



Dos placas planas



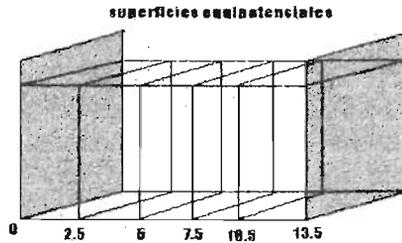
Un cilindro hueco



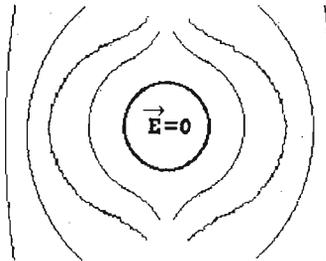
7. Compare sus configuraciones anteriores con las representadas en su libro de texto. ¿Qué concluye al respecto?

Las configuraciones son similares, recordando que las de fotografías en los textos son con generadores de valores de potencial de varios cientos de miles de volts y el generador de laboratorio son miles de volts

8. Represente en tres dimensiones, por medio de un diagrama las superficies equipotenciales correspondientes a la tabla 3.1.



9. Represente en tres dimensiones las superficies equipotenciales encontradas así como las líneas de campo eléctrico correspondiente a la tabla 3.2.



10. Con ayuda de la ecuación gradiente de potencial $\left(E_x = \frac{\Delta V}{\Delta X} \right)$ encontrar el campo eléctrico para cada lectura tomado en el inciso h.

0	0	0
4	2.5	160
6	5	120
8	7.5	107
12	10.5	114
20	13.5	148

11. ¿Qué sucede con el campo eléctrico respecto a los demás ejes en el inciso h?

El campo eléctrico sobre las otras direcciones es constante

ESCRIBA SUS CONCLUSIONES Y COMENTARIOS A LA PRÁCTICA

Dependerá de la persona que la realice.

3.2 PRÁCTICA No.2 CAPACITANCIA Y CAPACITORES

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina el concepto de capacitancia eléctrica, además describa los parámetros fundamentales que forman un capacitor.

R:

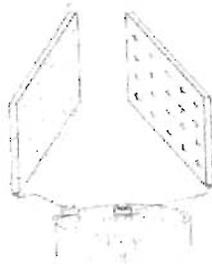
- La capacitancia eléctrica de un capacitor se define como la razón de la carga almacenada en sus placas entre la diferencia de potencial que hay entre ellas.
- La capacitancia eléctrica mide la carga almacenada en el capacitor por cada unidad de voltaje aplicado entre sus placas y por tanto es una medida de la habilidad del capacitor para almacenar las cargas.⁽³⁾
- El capacitor está constituido por dos placas metálicas, separadas por una capa aislante.
- El aislador puede ser de aire o de cualquier otro material aislante con características adecuadas.

2. Se conecta un capacitor a las terminales de una batería de Fuerza electromotriz (Fem).

2.1 ¿Porqué cada placa adquiere una carga de la misma magnitud exactamente?

R:

- La siguiente figura muestra lo que ocurre cuando una fuente de fem se coloca a las placas metálicas. En este caso la batería produce el flujo de electrones a través de la trayectoria de A a B y de B a C de ese modo coloca una carga negativa sobre C, en tanto deja una carga positiva igual sobre A las cargas así separadas tienen una energía potencial. La cual es proporcionada por la batería.⁽³⁾



2.2 ¿En qué situación se considera que el capacitor adquirió su carga máxima?

R:

- Cuando el proceso de la carga se completa, hay una diferencia de potencial estacionario entre las placas. Esta diferencia de potencial tiene la misma magnitud del voltaje de la batería.⁽³⁾

3. Una vez que se ha cargado completamente un capacitor ¿En dónde almacena su energía acumulada?

R:

- Se conoce que la energía del capacitor esta almacenada entre sus placas. Maxwell probó que la energía potencial almacenada en cualquier sistema electrostático, sería almacenada en la región del campo eléctrico. ⁽³⁾

4. Deduzca la relación que cuantifica un arreglo de capacitores en paralelo ¿Qué relación guardan entre si los voltajes entre placas de cada capacitor en este tipo de arreglos?

R:

- Cuando se conectan "n" capacitores en paralelo se obtiene la siguiente relación En la conexión en paralelo de capacitores, la característica común es el voltaje

$$V_f = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

$$Q_t = Q_{C1} + Q_{C2}$$

$$Q_t = V_f C_1 + V_f C_2$$

$$Q_t = V_f (C_1 + C_2)$$

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

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

5. Deduzca la relación que cuantifica un arreglo de capacitores en serie. ¿Qué relación guarda entre si las cargas en las placas de los capacitores en este tipo de arreglo?

R:

- Cuando se conectan "n" capacitores en serie se obtiene la siguiente relación En la conexión serie de capacitores, la carga es la característica común.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$$

$$V_t = V_{C1} + V_{C2} + \dots + V_{Cn}$$

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

$$\frac{Q}{C_T} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \dots + \frac{Q}{C_n}$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

6. ¿Cuántos tipos de capacitores existen, dé una clasificación de acuerdo al material dieléctrico empleado entre sus placas, además indique cuales son los capacitores polarizados y no polarizados?

R:

- Electrolíticos, cerámicos y variables. En un capacitor común, la polaridad no tiene importancia. Un capacitor electrolítico tiene polaridad, positiva y negativa, marcadas con + y - respectivamente. Los capacitores electrolíticos son de mayor capacitancia que los no electrolíticos.

Polarizados	Electrolíticos	
No polarizados	Fijos	Cerámicos Papel Poliéster Tantalio
	Variables	

7. ¿Cómo funciona un capacitor como filtro para señales de audio?

R.

- Permitiendo el paso de señales de ciertos anchos de banda debido a que su impedancia varía con la frecuencia de las señales y subiendo o bajando su impedancia permite o no el Paso de la señal, recordando que la reactancia de un capacitor esta dada por:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

DESARROLLO

Tipos de Capacitores y características

- Explicación por parte del instructor, con ayuda del tablero de capacitores, de los diferentes tipos de capacitores y sus características.
- Arme el circuito de la Figura. 3.5

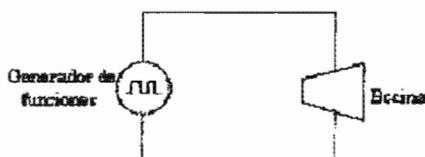


Figura 3.5

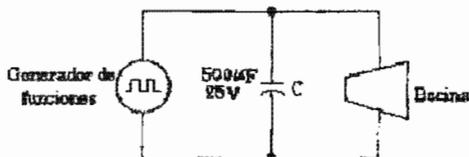


Figura 3.6

Nota: Se debe conectar en la salida output una señal cuadrada y se sugiere comenzar con una frecuencia baja e ir incrementándola asta obtener un sonido nítido.

- Varíe la frecuencia, hasta escuchar un sonido
- Agregue un capacitor según se muestra en la figura 3.6, que sirva como filtro y escuche el sonido.

Se escucha que el sonido disminuye y por lo tanto se ve la acción del capacitor como filtro

Verificar que los capacitores almacenan energía

e) Conecte el capacitor de $2200 \mu\text{F}$ a la fuente graduada a $5[\text{V}]$ CD como se indica en la figura 3.7

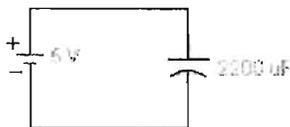


Figura 3.7

Verificar que el capacitor tenga señalada su polaridad correctamente y el voltaje de trabajo

f) Desconecte el capacitor, teniendo cuidado de no tocar sus terminales y conéctelo a las terminales del multímetro según se muestra en la figura. 3.8

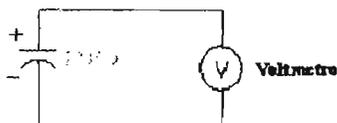


Figura 3.8

Podría usarse un led para observarse la existencia de carga.

Circuitos con capacitores.

g) Arme el circuito de la figura 3.9

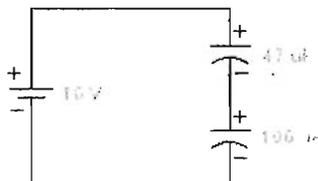


Figura 3.9.

Se debe tener cuidado con las polaridades al conectar.

h) Desconecte la fuente y mida el voltaje en los capacitores C_1 , y C_2 , anote los valores medidos en la tabla 3.3.

CIRCUITO	V_{C1} [V]	V_{C2} [V]	V_{C3} [V]
Figura 8	6.8	3.2	
Figura 9	10	10	
Figura 10	7.2	2.8	2.8

Tabla 3.3

j) Arme el circuito de la figura 3.10

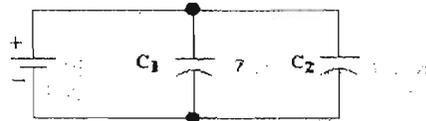


Figura 3.10

k) Desconecte la fuente y mida la diferencia de potencial en cada capacitor C_1 y C_2 y concentre sus mediciones en la tabla 3.3.

l) Arme el circuito de la figura 3.11

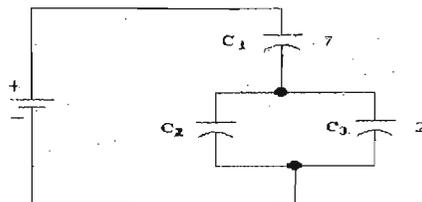


Figura 3.11

m) Desconecte la fuente y mida el voltaje en cada capacitor y concentre sus mediciones en la tabla 3.3.

PREGUNTAS

1. ¿Qué parámetros debe especificar el fabricante de un capacitor?

El valor de capacidad o magnitud en μ F, nF, pF, etc., El voltaje de trabajo máximo a que se puede someter y su polaridad si es polarizado

2. En base a lo escuchado que concluye respecto a lo sucedido en los incisos c y d.

Que al conectar el capacitor la señal de entrada se esta filtrando

3. En base a lo sucedido en el inciso f, explique la razón por lo que el multímetro marca un voltaje al conectarse al capacitor y explique la acción de la aguja del medidor.

En base a lo sucedido el capacitor almacena energía ya que al conectarlo al voltmetro indica la misma magnitud de voltaje de alimentación y la aguja empieza a indicar un voltaje menor a medida que pasa el tiempo ya que el capacitor se descarga por la resistencia que presenta el voltmetro

4. A partir de la tabla 3.3, diga si cumple o no la relación de carga igual en capacitores en serie y justifique su respuesta con cálculos.

Si se cumple, $Q_1 = V_1 C_1$ y $Q_2 = V_2 C_2$; $Q_1 = (6.8V)(47\mu f) = 319 \mu C$;
 $Q_2 = (3.2V)(100 \mu f) = 320 \mu C$

5. Se afirma que para capacitores conectados en paralelo es igual el voltaje entre sus terminales. De acuerdo a los valores de la tabla 3.3 ¿Se cumple para los circuitos de las figuras, 3.10y 3.11?

Si se cumple

6. De acuerdo a las mediciones de la figura 3.9,3.10 y 3.11, ¿En qué circuito se almacena una mayor energía?, justifique su respuesta con cálculos.

En el circuito de la figura 3.10, el cual esta conectado en paralelo $U_T = \frac{1}{2} C_T V_T^2$

Para la figura 3.9 $U_T = U_{47\mu f} + U_{100\mu f} = \frac{1}{2} (47\mu f)(6.8)^2 + (100\mu f)(3.2)^2 = 1598.64 \mu J$

$U_T = \frac{1}{2} \left(\frac{47\mu f + 100\mu f}{147\mu f} \right) (10)^2 = 1598.64 \mu J$

Para la figura 3.10 $U_T = U_{47\mu f} + U_{100\mu f} = \frac{1}{2} (47\mu f)(10)^2 + (100\mu f)(10)^2 = 7350 \mu J$

$U = \frac{1}{2} (147\mu f)(10)^2 = 7350 \mu J$

Para la figura 3.11

$U_T = U_{47\mu f} + U_{100\mu f} + U_{22\mu f} = \frac{1}{2} (47\mu f)(7.2)^2 + (100\mu f)(2.8)^2 + (22\mu f)(2.8)^2 = 1696.48 \mu J$

$U = \frac{1}{2} \left(\frac{47\mu f + 100\mu f + 22\mu f}{169\mu f} \right) (10)^2 = 1700 \mu J$

7. ¿Por qué debemos respetar el valor del voltaje especificado en los capacitores? Porque de excederse el voltaje especificado podría haber una explosión

ESCRIBA SUS CONCLUSIONES Y COMENTARIOS A LA PRÁCTICA.

Dependerá de la persona que la realice.

3.3 PRÁCTICA No. 3 CONSTANTES DIELECTRICAS Y RIGIDEZ DIELECTRICA

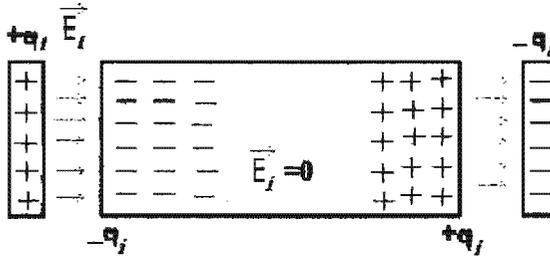
CUESTIONARIO PREVIO:

1. Describir el fenómeno de polarización para un material conductor al introducirlo dentro de un campo eléctrico uniforme; auxiliarse por medio de figuras.

R:

- Si el material es conductor, los electrones libres situados dentro de él se mueven de modo que en el interior del conductor el campo eléctrico se anule y constituya un volumen equipotencial.

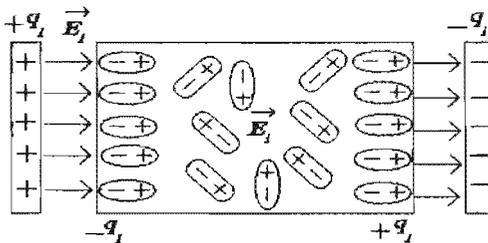
Los conductores contienen cargas libres de moverse, y cuando hay algún campo eléctrico, algunas de ellas se redistribuyen en la superficie de modo que no hay campo eléctrico en el interior.⁽²⁾



2. Describa el fenómeno de polarización para un material dieléctrico al introducirlo este dentro de un campo eléctrico uniforme; auxiliarse por medio de figuras.

R:

- Si el material es dieléctrico, los electrones y los núcleos de cada molécula (átomo) se desplazan por la acción del campo eléctrico, pero puesto que no hay cargas libres que puedan moverse indefinidamente, el interior del material no se convierte en un volumen equipotencial.
- Cuando se coloca un dieléctrico en un campo magnético las cargas positivas se desplazan en la dirección del campo mientras que las cargas positivas se desplazan en la dirección opuesta. Esto provoca que aparezcan capas de carga sobre las superficies del dieléctrico.⁽³⁾



3. ¿Qué sucede al introducir un dieléctrico entre las placas de un capacitor, aumenta o disminuye su capacitancia? ¿Por qué sucede este fenómeno?

R:

- La capacitancia de un capacitor de dimensiones dadas es mayor cuando existe un material dieléctrico entre sus placas que cuando hay vacío.

Los materiales dieléctricos pueden tolerar campos eléctricos más intensos que los que tolera el aire sin que experimente ruptura dieléctrica. así pues, el uso de un dieléctrico permite a un capacitor mantener una diferencia de potencial V constante y, de este modo, almacenar mayores cantidades de carga y de energía.⁽¹⁾

$$C_d = KC_0$$

C_0 es la capacitancia cuando el espacio entre los dos conductores del capacitor es el vacío

C_d es la capacitancia cuando el espacio entre los conductores se encuentra relleno por un material dieléctrico.

K es la constante dieléctrica del material ; $K > 1$

4. Para una diferencia de potencial dada, ¿Cómo es la carga que almacena un capacitor con dieléctrico con respecto a la que almacena sin dieléctrico (en el vacío), mayor o menor?, justifique su respuesta.

R:

- Es mayor puesto que la carga es directamente proporcional a la capacitancia y al introducir un dieléctrico en el capacitor aumenta su capacitancia por lo que si

$C = \frac{q}{V}$ y el voltaje es constante si aumenta la capacitancia debe aumentar la carga.

5. ¿Qué se entiende por rigidez dieléctrica?

R:

- Todo material dieléctrico tiene una rigidez dieléctrica característica, que es el máximo valor del campo eléctrico que puede tolerar sin dañarse.⁽²⁾

6. Al aplicar una diferencia de potencial a dos placas circulares paralelas, separadas una distancia d , se forma un campo eléctrico. ¿Cómo se calcula la intensidad de tal campo eléctrico? Indique sus unidades.

R:

Encontramos que si $V = \int_0^d E \cdot dl$

Tenemos que $V = Ed$

De donde obtenemos que $E = \frac{V}{d} \left[\frac{V}{m} \right]$

DESARROLLO

Determinación de la permitividad del aire

- a) El instructor medirá la capacitancia del capacitor de placas paralelas, separadas 1 mm, como se indica en la figura 3.12.

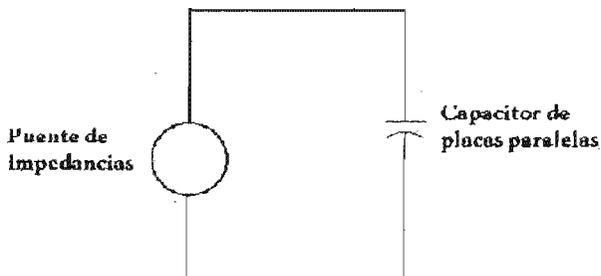


Figura 3.12

- b) Obtener los valores de capacitancia según muestra la tabla 3.4.

d [mm]	C [F]	ϵ_0 aire
1	0.317×10^{-9}	6.26×10^{-12}
2	0.191×10^{-9}	7.54×10^{-12}
3	0.140×10^{-9}	8.3×10^{-12}
4	0.112×10^{-9}	8.85×10^{-12}
5	0.094×10^{-9}	9.28×10^{-12}

Tabla 3.4

Nota: Para calcular la permitividad debe medir el diámetro de las placas

Considerar que el número de guarismos que se puede medir entre el vernier y el capacitmetro tiene una diferencia de $\times 10^{-1}$, por lo que hay que indicárselo al estudiante

Determinación de las constantes dieléctricas

- c) Haciendo referencia a la figura 3.12, colocar entre las placas; plástico, cartón y madera (una a la vez); midiendo la capacitancia en cada caso, primero con dieléctrico y luego sin él, conservando la distancia al sacar el dieléctrico, concentre sus mediciones en la tabla 3.5.

MATERIAL	C (CON DIELECTRICO)	C (CON AIRE)	K_r
Plástico	0.582×10^{-9}	0.312×10^{-9}	1.86
Cartón	1.098×10^{-9}	0.811×10^{-9}	1.35
Madera	0.274×10^{-9}	0.99×10^{-9}	2.76

Tabla 3.5

Rigidez dieléctrica

d) Arme el dispositivo de la figura. 3.13

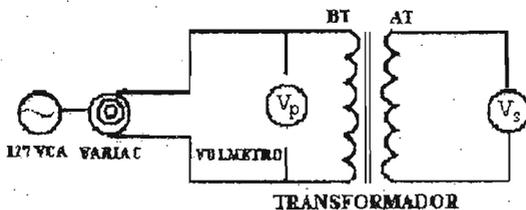


Figura 3.13

Esperamos una relación de transformación de 1:100 por lo cual hay que tener cuidado en el secundario

e) Encontrar el voltaje del secundario (V_s) del transformador para los diferentes valores de voltaje del primario (V_p) según muestra la tabla 3.6

V_p [V]	V_s [V]	RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN V_s / V_p
1	85.3	87.45
2	184.5	94.61
3	275	93.22
4	348	88.10

Tabla 3.6

f) Con ayuda del instructor arme el dispositivo de la figura 3.14.

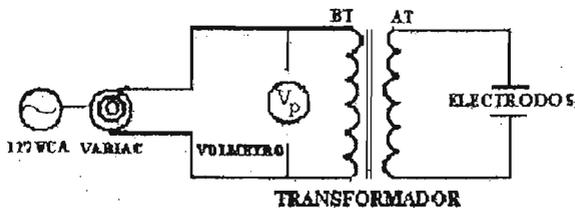


Figura 3.14

Precaución: La caja del probador de ruptura debe estar cerrada al aplicar el voltaje.

g) Fije una separación de 1 cm., entre electrodos e incremente lentamente el voltaje con ayuda del voltmetro.

h) Realice varias pruebas de acuerdo a la tabla 3.7 y concentre sus lecturas de voltaje.

Distancia (mm)	Voltaje de ruptura (V)	Energía (J)
10	9174.94	917494
8	8230.1	1028762.5
6	7303.53	1217255
4	6059	1514750

Tabla 3.7

- i) De acuerdo a la tabla 3.8 introduzca una muestra de dieléctrico (uno a la vez) y junte los electrodos de tal manera que la muestra quede fija entre ellos; incremente lentamente la diferencia de potencial y determine el voltaje de ruptura, concentre sus mediciones en la misma tabla.

MATERIAL	ESPAZAMIENTO (mm)	TIPO DE MATERIAL	VOLTAJE DE RUPTURA (V)	ENERGÍA (J)
MADERA	0.005	Si	2979.55	595910
CARTÓN	0.004	Si	2180.16	545040
FIBRA DE VIDRIO	---	No	---	---
HULE	0.0015	Si	1180.92	787280
ACEITE #40	---	No	---	---

Tabla 3.8

- j) Ahora respecto a la tabla 3.8 considerando los líquidos sumerja completamente los electrodos en cada líquido que se vaya colocando; manteniendo una separación entre ellos de 3 (mm) incremente lentamente la diferencia de potencial y determine el voltaje de ruptura, concentre sus resultados en la misma tabla.

PREGUNTAS

- Con los valores obtenidos en la tabla 3.4, determine el valor de la permitividad del aire y compárelo con la permitividad del vacío.
La permitividad del vacío tiene una variación relativamente pequeña con respecto a la del aire, ya que al realizar un promedio en las mediciones obtuvimos una permitividad de 8.046×10^{-12} y la permitividad del vacío es de 8.85×10^{-12}
- Calcule la constante dieléctrica de cada muestra de dieléctrico empleado. Anote sus resultados en la tabla 3.5.
- Calcular con los datos de la tabla 3.6 el valor medio de la relación de transformación
Valor medio = 90.84
- Explique que sucede al aumentar el voltaje en el inciso g).
Hubo ruptura de rigidez dieléctrica y se formo un arco

5. Calcule el campo eléctrico a partir de $E = V/d$, para cada diferente distancia de separación concentre sus resultados en la tabla 3.7 y encuentre un valor medio de E: siendo este el valor de la rigidez dieléctrica del aire (campo eléctrico mínimo de ruptura).

Valor medio = 1169565.3 [V/m]

6. Explique en función del campo eléctrico máximo aplicado ¿Porqué algunos materiales no rompen sus rigidez dieléctrica?

No existe material con una rigidez perfecta, en este caso el voltaje máximo que teníamos no fue suficiente para romper la rigidez dieléctrica de algunos de los materiales

7. A partir de los resultados anotados en la tabla 3.8 ¿Qué dieléctrico sólido, y que dieléctrico líquido es el mejor, considerando el voltaje de ruptura y la rigidez dieléctrica?

En el material sólido tenemos la fibra de vidrio debido a que no hubo ruptura eléctrica y en el líquido, al aceite # 40, ya que en su caso tampoco se observo ruptura eléctrica

8. De algunos ejemplos de aplicación de los experimentos realizados.

Pruebas de Rigidez en el aceite aislante de uso en los transformadores de alto voltaje pruebas de rigidez entre las líneas de alta tensión, pruebas de aislamiento en protecciones (guantes, zapatos, etc.)

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA.

Dependerá de la persona que la realice.

3.4 PRÁCTICA No. 4 RESISTENCIA OHMICA, RESISTIVIDAD Y LEY DE OHM

CUESTIONARIO PREVIO

1. Describa la Ley de Ohm y defina cada parámetro en la misma

R:

- A la ecuación $V = R I$ se le llama ley de Ohm;

donde:

V – Voltaje aplicado [Volt, V]

I – intensidad de corriente [Ampere, A]; La cantidad de carga que atraviesa una sección de hilo conductor por unidad de tiempo

R – Resistencia eléctrica [ohm, Ω]

2. Para representar los valores de resistencia ohmica, se emplea un código de colores, Atendiendo al código de colores indique el valor de las siguientes resistencias

R.

Color □ Banda	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
Negro	-----	0	-----	
Café	1	1	$\times 10^0$	1%
Rojo	2	2	$\times 10^1$	2%
Naranja	3	3	$\times 10^2$	
Amarillo	4	4	$\times 10^3$	
Verde	5	5	$\times 10^4$	
Azul	6	6	$\times 10^5$	
Violeta	7	7	$\times 10^6$	
Gris	8	8	$\times 10^7$	
Blanco	9	9	$\times 10^8$	
Oro	-----	-----	$\times 0.1$	5%
Plata	-----	-----	$\times 0.01$	10%

Bandas:

Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Valor [Ω]	
Café	Negro	Rojo	Oro	1000	$\pm 5\%$ 1K Ω $\pm 5\%$
Rojo	Violeta	Rojo	Oro	2700	$\pm 5\%$ 2.7K Ω $\pm 5\%$
Café	Negro	Naranja	Plata	10000	$\pm 10\%$ 10K Ω $\pm 10\%$
Amarillo	Violeta	Naranja	Plata	47000	$\pm 10\%$ 47K Ω $\pm 10\%$
Rojo	Rojo	Verde	Oro	220000	$\pm 5\%$ 2.2M Ω $\pm 5\%$
Café	Negro	Negro	Oro	10	$\pm 5\%$ 10 Ω $\pm 5\%$

3. Dado el valor de resistencia ohmica y potencia máxima de consumo de una resistencia, a partir de la expresión de potencia, deduzca una expresión que cuantifique el voltaje máximo aplicado a la resistencia.

R.

- Si $V_{\text{máx}} = R \cdot I$ entonces $I = \frac{V_{\text{máx}}}{R}$

Y si $P_{\text{máx}} = V_{\text{máx}} \cdot I$; sustituyendo I tenemos: $P_{\text{máx}} = \frac{V_{\text{máx}}^2}{R}$ y despejando $V_{\text{máx}}^2$ la ecuación nos queda como:

$$V_{\text{máx}} = \sqrt{P_{\text{máx}} \cdot R}$$

4. ¿Qué es la conductividad eléctrica?

R:

- Definimos a la conductividad del material como el cociente de las magnitudes de la intensidad de corriente y el campo eléctrico

$$\sigma = \frac{J}{E} \text{ La unidad en el SI es } [\Omega \cdot \text{m}]^{-1}. \quad (2)$$

5. ¿De qué factores geométricos depende la resistencia de un alambre conductor? Además indique la ecuación de resistencia eléctrica en función de estos factores.

R.

- Depende de la longitud y del área del conductor

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

A – área del conductor

L – longitud del conductor

ρ – resistividad del conductor

6. Dé la expresión matemática del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura.

R:

- $R = R_0 [1 \pm \alpha(T - T_0)]$

R es la resistencia final (Resistencia a temperatura final)

R_0 es la resistencia inicial (Resistencia a temperatura ambiente)

α es el coeficiente térmico de la resistividad

T_0 es la temperatura inicial

T es la temperatura final

DESARROLLO

Medición de resistencia empleando el puente de Wheatstone

a) El instructor describirá el uso del puente de Wheatstone

b) Realice la medición de cinco resistencias diferentes y concentre sus resultados en la tabla 3.9.

RESISTENCIA	[Ω]
R ₁	9.918
R ₂	2722
R ₃	10110
R ₄	46400
R ₅	5576

Tabla 3.9

Medición de resistencia por el método de potencial inducido

c) Arme el circuito de la figura 3.15 considerando las resistencias medidas empleadas en el procedimiento b)

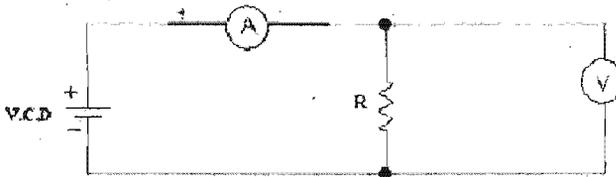


Figura 3.15

d) Calcular el voltaje máximo que se pueda aplicar a la resistencia por medio de la expresión pregunta 3) cuestionario previo y concentre sus resultados en la tabla 3.10.

R [Ω]	V _{máx} [V]
9.918	2.22
2722	36.89
10110	71.1
46400	152.31
5576	52.8

Tabla 3.10

e) Realice mediciones de voltaje e intensidad de corriente y concentre sus resultados en la tabla 3.11.

f) Realice el procedimiento anterior para las demás resistencias y concentre sus resultados en la tabla 3.11.

RESISTENCIA	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	RESISTENCIA [Ω]
R ₁	2	167.8×10^{-3}	11.81
R ₂	5	1.84×10^{-3}	2717
R ₃	5	0.4×10^{-3}	10204
R ₄	5	0.11×10^{-3}	45454
R ₅	5	0.9×10^{-3}	5555

Tabla 3.11

g) Arme el dispositivo de la figura. 3.16

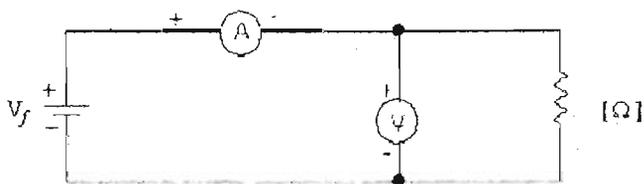


Figura 3.16.

h) Alimente el circuito con el voltaje de 0.5 V y mida la corriente eléctrica, concentre sus resultados en la tabla 3.12.

i) Repita el inciso g según muestra la tabla 4 y concentre sus resultados en la misma.

VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	POTENCIA [W]
0.5	48.6×10^{-3}	24.3×10^{-3}
1.0	101.4×10^{-3}	101.4×10^{-3}
2.0	208.1×10^{-3}	430.7×10^{-3}
3.0	300.7×10^{-3}	902.1×10^{-3}
4.0	398.8×10^{-3}	1595.2×10^{-3}
5.0	592×10^{-3}	2960×10^{-3}

Tabla 3.12

Determinación de la dependencia de la resistencia, respecto a la longitud del conductor

j) Disponga los elementos como se muestra en la figura. 3.17

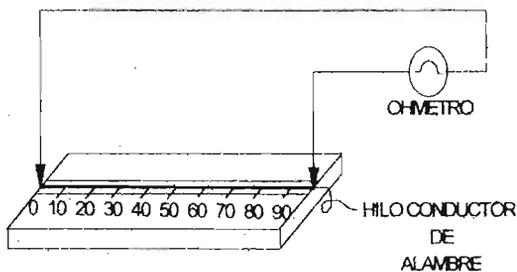


Figura 3.17

k) Tome las lecturas de acuerdo a la tabla 3.13 y concentre sus mediciones en la misma

LONGITUD [cm]	RESISTENCIA [Ω]
0	0
10	0.6
20	0.9
30	1.2
40	1.6
50	2
60	2.3
70	2.5
80	2.9
90	3.3
100	3.7

Tabla 3.13

Determinación de la variación de la resistencia en función del área de sección transversal

- l) En el tablero de conductores de alambre magneto, mida la resistencia de cada uno de los conductores y concentre sus resultados en la tabla 3.14.

No utilice calmanes para conectar del tablero al puente de Wheatstone ya que influye la resistencia del conductor

DIAMETRO [mm]	ÁREA [mm ²]	CALIBRE #	RESISTENCIA [Ω]
1.45	1.65	15	0.032
1.02	0.832	18	0.082
.644	0.326	22	0.149

Tabla 3.14

Determinación de la dependencia de la resistencia, respecto a la conductividad de los conductores

- m) Arme el diagrama de la figura 3.18.

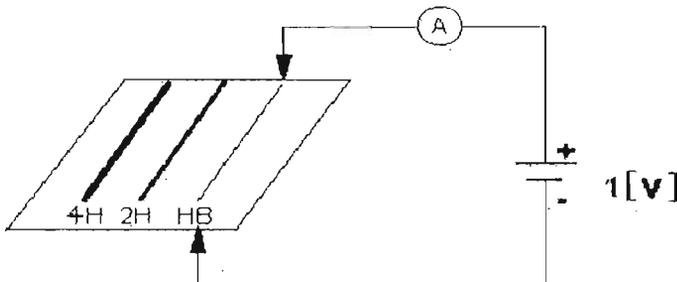


Figura 3.18

- n) Aplique una diferencia de potencial de 1 V a una de las minas de carbón, mida la intensidad de corriente eléctrica y concentre su resultado en la tabla 3.15.
- o) Realice el mismo procedimiento anterior para las demás minas de carbón

Minas de Carbón	I [mA]	Longitud [cm]	Área [mm ²]	Campo Eléctrico [V/m]	Densidad Corriente [A/m ²]	Conductividad [1/Ω-m]	Resistividad [Ω-m]
HB	94	13	3.141	7.7	29926.7	4000	0.00025
2H	19	13	3.141	7.7	6049	784.4	0.00127
4H	23	13	3.141	7.7	7322.2	952.38	0.00105

Tabla 3.15

Determinación de la dependencia de la resistencia debido a la variación de la temperatura

- p) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 3.19.

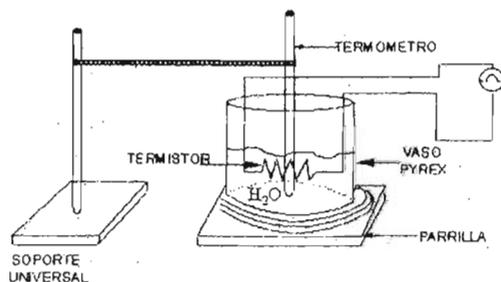


Figura 3.19.

- q) Con el multímetro usado como óhmetro tome lecturas del termistor de acuerdo a los valores de la tabla 3.16 y concentre sus resultados en la misma.

T [°C]	R [Ω]
20	625
25	550
30	466
35	383
40	318
45	242
50	210
55	172
60	140
65	119
70	101
75	84.2

Tabla 3.16

PREGUNTAS

1. ¿Qué condiciones se deben cumplir para medir el valor de la resistencia desconocida por medio del puente de Wheatstone.

Que el galvanómetro este en cero, que solamente una resistencia sea desconocida y que las otras resistencias sean conocidas

2. Aplicando la Ley de Ohm, encuentre el valor para cada una de las resistencias de la tabla 3, y concetre sus resultados en la misma.

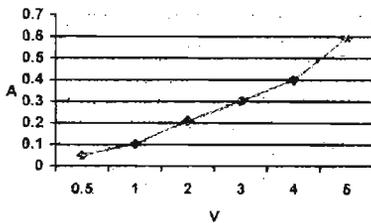
3. ¿Con qué método obtuvo mayor exactitud en la medición de resistencia ohmica? (tome como referencia el valor obtenido por código de colores)

Por puente de Wheatstone

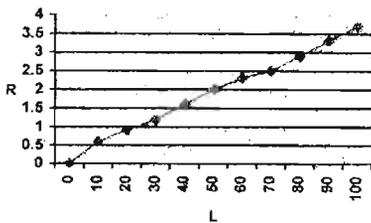
4. Calcule la potencia con el valor tomado en la tabla 3.12 de corriente y voltaje y compare la potencia especificado con la del fabricante.

La potencia sobrepasa la del fabricante a partir de tres volts, por lo que la resistencia se calienta en demasia.

5. Realice una gráfica de voltaje contra corriente, tomando de referencia los valores obtenidos en la tabla 3.12



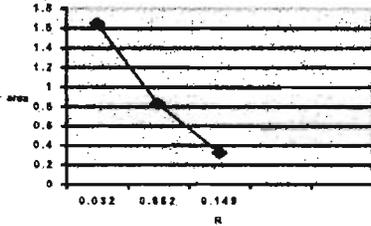
6. Realice una gráfica de resistencia contra longitud, a partir de los valores obtenidos en la tabla 3.13.



7. ¿Qué relación nos muestra la gráfica y la tabla 3.13 respecto a resistencia contra longitud?

A mayor longitud, mayor resistencia (La resistencia es directamente proporcional a la longitud)

8. Con los valores de la tabla 3.14, realice una gráfica de resistencia contra área.



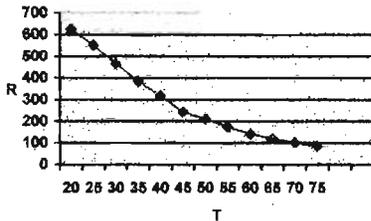
9. ¿Qué relación de proporcionalidad observa a partir de la gráfica elaborada en la pregunta 8?

A mayor área menor resistencia (La resistencia es inversamente proporcional al área)

10. ¿Qué conclusión obtiene a partir de la tabla 3.15?

A mayor dureza del carbón la corriente disminuye y aumenta la resistividad

11. Elabore una gráfica resistencia contra temperatura con los datos de la tabla 3.16.



12. En el caso de un conductor ¿Cómo varía la resistencia en función de la temperatura y por qué?

La resistividad de un conductor metálico casi siempre aumenta al aumentar la temperatura, a medida que la temperatura aumenta los iones del conductor vibran con mayor amplitud, lo cual hace más probable que un electrón en movimiento choque con un ion, esto impide el arrastre de los electrones por el conductor y por tanto también la corriente, sucede lo contrario si el coeficiente térmico de resistividad es negativo como sucedió en el experimento

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA.

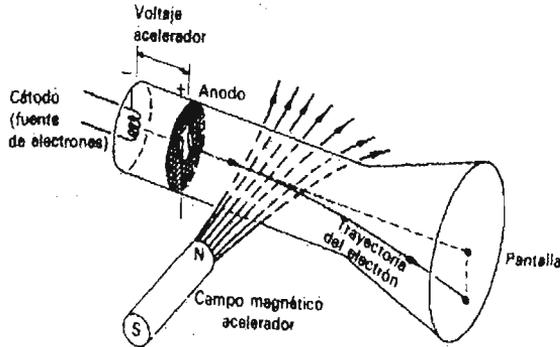
Dependerá de la persona que la realice.

3.5 PRÁCTICA No. 5 USO Y MANEJO DEL OSCILOSCOPIO

CUESTIONARIO PREVIO.

1. Muestre un diagrama básico del tubo de rayos catódicos e indique la función de cada una de sus partes.

R.



La Figura muestra un diagrama esquemático de los principales elementos de un tubo de rayos catódicos. El interior del tubo está a un alto vacío, con una presión de cerca de 0.01 Pa (10^{-7} atm) o menor. A cualquier presión mas alta, las colisiones de los electrones con las moléculas dispersarían en exceso el haz de electrones. El *cátodo*, a la izquierda en la figura, se pone a una temperatura alta mediante el *calefactor*, y los electrones se evaporan de la superficie del cátodo. El *ánodo de aceleración*, que posee un pequeño agujero en su centro, se mantiene a un potencial positivo alto, V , del orden de 1 a 20 kV; con respecto al cátodo. Esta diferencia de potencial da lugar a un campo eléctrico dirigido de derecha a izquierda en la región comprendida entre el ánodo de aceleración y el cátodo. Los electrones que pasan por el agujero del ánodo forman un haz delgado y se desplazan con una velocidad horizontal constante desde el ánodo hasta la *pantalla fluorescente*. El área donde impactan los electrones brilla intensamente. La *rejilla de control* regula el número de electrones que llegan al ánodo y, en consecuencia, la brillantez de la mancha en la pantalla. El *ánodo de enfoque* asegura que los electrones que abandonan el cátodo con direcciones ligeramente distintas sean enfocados en un fino haz y que todos lleguen a la misma mancha en la pantalla.

2. Mencione. ¿Qué mediciones es posible efectuar con el osciloscopio?

R:

- Posibilita mediciones de precisión de magnitudes eléctricas (Amplitud), representa gráficamente la magnitud medida, así como también, su variación en el tiempo (periodo, frecuencia).

3. Atendiendo a señales periódicas defina los conceptos de : Amplitud, periodo, frecuencia y longitud de onda.

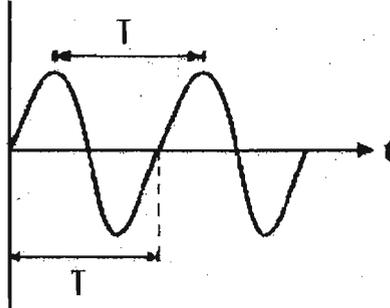
R:

Amplitud (A).- Se le denomina así al desplazamiento máximo respecto a la posición de equilibrio

Periodo (T).- El tiempo en segundos para completar un ciclo [s]

Frecuencia.- El número de ciclos en un segundo [Hz].

Longitud de onda (λ).- Es la distancia recorrida en el espacio hasta que la función de onda se repite



DESARROLLO

Determinación de la frecuencia mediante la medición del periodo.

- Ajusta la señal del generador de señales a 1000 Hz y un voltaje de salida de 5[V] de amplitud.
- Conecte la señal de salida del generador a la entrada del osciloscopio.
- Utilice el osciloscopio para medir el periodo. Anote el resultado en la tabla 3.17.
- Repita la medición anterior para frecuencias de 2000, 3000, 4000 y 5000 Hz.

Frecuencia de entrada [Hz]	Periodo [s]	Frecuencia calculada [Hz]
1000	1×10^{-3}	1000
2000	0.5×10^{-3}	2000
3000	0.34×10^{-3}	3000
4000	0.25×10^{-3}	4000
5000	0.2×10^{-3}	5000

Tabla 3.17

Medición de ondas de C.A.

- Con la fuente escalonada considere la salida de valores dado en la tabla 3.18.
- Ajuste la sensibilidad del eje "Y" a 1 Volt/división
- Conecte la señal de salida de la fuente a la entrada del osciloscopio
- Ajuste la base de tiempo del osciloscopio de manera que aparezcan varios ciclos en la pantalla.
- Mida los valores de pico y de pico a pico. Anote los resultados en la tabla 3.18.
- Repita la medición anterior para los valores indicados en la tabla 3.18

- k) Medir el valor eficaz de las diferentes salidas con el multímetro analógico y anote en la tabla 3.18.

Valor nominal de corriente alterna (V)	Valor eficaz (V) (V)	Valor eficaz pico (V) (V)	Valor eficaz calculado (V)	Valor eficaz medido (V)
2	3.2	6.4	2.26	2.165
4	6.4	12.8	4.52	4.32
6	10	20	7.07	6.52
8	13	26	9.19	8.64
10	16	32	11.31	10.83

Tabla 3.18

PREGUNTAS

1. Con base a la tabla 1 determine la frecuencia mediante la medición del período.
2. Calcule el valor eficaz pedido en la tabla 3.18
3. Con base a la tabla 3.18, los valores de voltaje eficaz medido y calculado son iguales. Explique.
No, a causa de la pequeña variación al efectuar las mediciones debido a la exactitud de los instrumentos.

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA
Dependerá de la persona que la realice.

3.6 PRÁCTICA No. 6 FUENTES DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

CUESTIONARIO PREVIO

1. Explique qué es una fuente de fuerza electromotriz.

R:

- Fuente de fuerza electromotriz (*fem*) es todo dispositivo capaz de transformar algún tipo de energía a energía eléctrica. Es el dispositivo que hace trabajo sobre los portadores de carga para formar la corriente eléctrica
- En un circuito eléctrico, en algún lado de la trayectoria cerrada, debe existir un dispositivo que actúe como la bomba en una fuente. En este dispositivo la carga debe desplazarse hacia arriba, de un punto de energía potencial menor a uno de energía potencial mayor, oponiéndose a la fuerza electrostática, que intenta empujar la carga en sentido contrario. La dirección de la corriente en tal dispositivo es desde un potencial más bajo hacia uno más alto, justo al contrario de lo que sucede en un conductor ordinario. Lo que hace que la corriente fluya en dicha dirección se conoce como fuerza electromotriz cuya abreviatura es *fem*.⁽¹⁾

A todos los dispositivos que generan energía eléctrica se les llaman fuentes de fuerza electromotriz (*fem*).⁽³⁾

2. Enuncie cuatro tipos diferentes de fuerza electromotriz, así como sus principios básicos de funcionamiento

R:

Celda fotovoltaica

- El material absorbe fotones y se crean pares electrón-hueco. Los pares que se crean en la unión p-n o suficientemente cerca para emigrar a esta sin recombinarse son separados por un campo eléctrico y que barre los electrones hacia el lado n y los huecos hacia el lado p.⁽¹⁾

Termopar

- Es un dispositivo que produce una señal eléctrica cuando se somete a temperaturas diferentes. Se basa en el "efecto termoelectrónico". Cuando dos metales diferentes, se unen por los extremos, se encuentra que se produce una *fem* si las dos uniones se encuentran a diferentes temperaturas.⁽²⁾

3. ¿Qué es una batería primaria y una batería secundaria?

R:

Batería primaria

- Son pilas desechables, una vez agotada su energía eléctrica almacenada

Batería secundaria

- Son pilas con efectos reversibles, a fin de no desecharlas una vez agotada su energía eléctrica.⁽³⁾

4. ¿Qué es un electrolito? Dé algunos ejemplos de electrolito.

R:

- Solución química conductora; cloruro amónico, ácido sulfúrico, sulfato de cobre

- Es una solución conductora; ácido clorhídrico ácido nítrico, cloruro de amonio.⁽⁶⁾

5. Explique el fenómeno de electrólisis.

R:

- El paso de la corriente eléctrica por los sólidos produce una elevación de temperatura en los mismos, pero en el caso de los líquidos, el paso se produce cuando ellos son conductores y entonces ocurren otros fenómenos, además de de la producción de calor. Nos referimos a la descomposición química del líquido, fenómeno al cual se llama electrólisis.⁽⁵⁾

6. Defina el principio básico de funcionamiento de una celda fotovoltaica y un termopar.

R:

Celda fotovoltaica

- El material absorbe fotones y se crean pares electrón-hueco. Los pares que se crean en la unión p-n o suficientemente cerca para emigrar a esta sin recombinarse son separados por un campo eléctrico y que barre los electrones hacia el lado n y los huecos hacia el lado p.⁽¹⁾

Termopar

- Es un dispositivo que produce una señal eléctrica cuando se somete a temperaturas diferentes. Se basa en el "efecto termoeléctrico". Cuando dos metales diferentes, se unen por los extremos, se encuentra que se produce una fem si las dos uniones se encuentra a diferentes temperaturas.⁽²⁾

Generador de corriente alterna

- Al girar la bobina en un campo magnético uniforme, se induce una fem senoidal de acuerdo con la ley de Faraday.⁽²⁾

Pila común

- Una reacción química es capaz de realizar un cierto trabajo máximo por unidad de carga y cuando se llega a ese valor se llega a una situación de equilibrio y ya no se puede lograr una mayor acumulación de carga.⁽²⁾

DESARROLLO

Fuentes de Fuerza Electromotriz

- a) Observe con ayuda del osciloscopio, las formas de onda de las siguientes fuentes de fuerza electromotriz (fems). Celda fotovoltaica, termopar, pila y generador.

Diferencia de potencial de electrodos

- b) Arme el circuito de la figura 3.20.

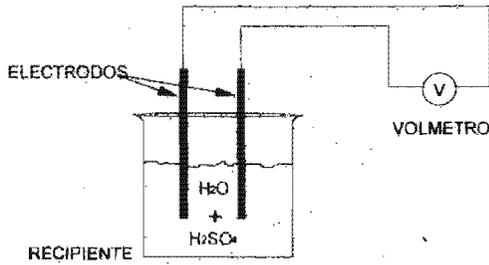


Figura 3.20.

- c) Coloque dos electrodos de diferente material según la tabla 3.19, mida la diferencia de potencial y concentre sus resultados en la misma.

ELECTRODO	POLARIDAD		VOLTAJE [V]
cobre - plomo	+	-	0.066
cobre - carbón	-	+	0.404
cobre - aluminio	+	-	0.057
plomo - carbón	-	+	0.472
carbón - aluminio	+	-	0.572
plomo - aluminio	+	-	0.119

Tabla 3.19

Resistencia Interna de una fuente

- d) Arme el circuito de la figura 3.21

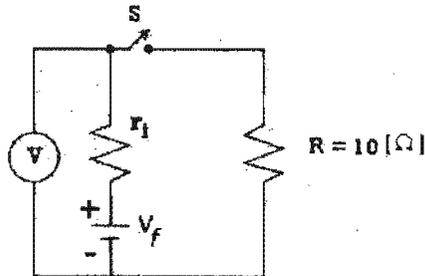


Figura 3.21.

- e) Mida el voltaje de la pila (nueva) en vacío, con el interruptor "S" abierto, concentre sus mediciones en la tabla 3.20
- f) Ahora cierre el interruptor S y a continuación mida el voltaje.
- g) Cambie la pila nueva por la pila usada y la resistencia de 10Ω por la resistencia de 100Ω en el circuito de la figura 3.21.
- h) Mida el voltaje de la pila (usada) en vacío, con el interruptor abierto.

i) Ahora cierre el interruptor S y a continuación mida el voltaje.

PILA	R [Ω]	V _I [V]	V _R [V]	r _i [Ω]
NUEVA	10	1.566	1.475	0.616
USADA	100	1.475	1.455	1.574

Tabla 3.20

Conexión de pilas

j) Mida el voltaje de cada pila de 1.5 [V] y anote sus lecturas en la tabla 3.21.

Pila	A	B	C	D
Voltaje [V]	1.477	1.566	1.504	1.569

Tabla 3.21

k) Conecte dos pilas (serie aditiva) según se muestra en la figura 3.22, mida y anote en la tabla 3.22 el voltaje total entre terminales, a continuación repita lo mismo con 3 y 4 pilas en conexión "serie aditivo".

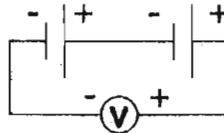


Figura 3.22.

Número Pilas	Voltaje [V]	
	Serie	Paralelo
2	3.044	1.528
3	4.54	1.532
4	6.11	1.529

Tabla 3.22.

l) Conecte dos pilas en paralelo según se muestra en la figura 3.23, mida y anote en la tabla 3.22 el voltaje total entre terminales y a continuación repita lo mismo con 3 y 4 pilas.

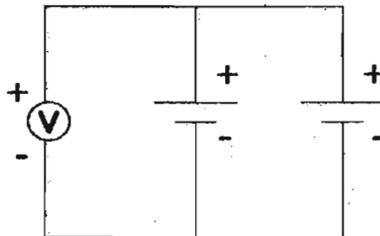


Figura 3.23.

m) Conecte las pilas como se indica en la figura 3.24 y 3.25 (conexión serie sustractivo), mida y anote en la tabla 3.23 el voltaje total entre terminales.

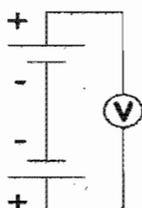


Figura 3.24

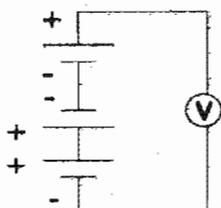


Figura 3.25

Número de pilas	Voltaje [v]
2	0.144
3	1.517

Tabla 3.23

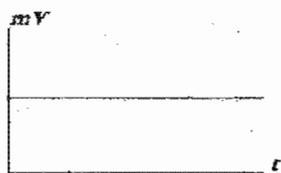
PREGUNTAS

1. Clasifique en base a lo observado, en el inciso a) qué tipo de voltaje genera cada fuente de FEM.

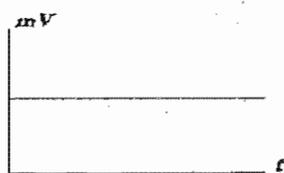
CELDA FOTOVOLTAICA	TERMOPAR	PILA	GENERADOR
Corriente directa mV	Corriente directa mV	Corriente directa V	Corriente alterna

Nota: verificar que se utilice un generador sin rectificar

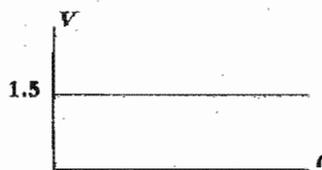
2. Indique en una gráfica los valores de voltaje medidos en el inciso a) para cada FEM.



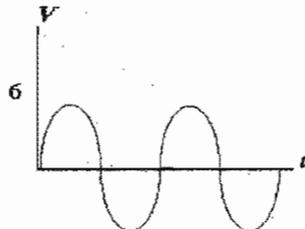
Celda fotovoltaica



Termopar



Pila



Generador

3. ¿Qué combinación de electrodo dio la máxima diferencia de potencial, tomando de referencia la tabla 3.19?

Plomo-carbon

4. ¿Por qué para una misma densidad de electrolito, la diferencia de potencial de cada electrodo es diferente?

Porque cada electrodo tiene diferente electronegatividad

5. ¿Qué lectura registró el voltmetro, para la pila nueva en vacío en el inciso e?

E = 1.566 V

6. ¿Qué lectura registro el voltmetro en el circuito de la figura 3.21 en el inciso f?

V = 1.475 V

7. ¿Con las lecturas obtenidas en la pregunta 5 y 6, obtenga el valor de la resistencia interna de la fuente (use fórmula).

$$R_i = \frac{1.566 - 1.475}{1.475} * 10\Omega = 0.616\Omega$$

8. ¿Qué lectura registró el voltmetro para la pila usada en vacío inciso h?

E = 1.475V

9. ¿Qué lecturas registró el voltmetro figura 3.21 con la pila usada en el inciso i.?

V = 1.455 V

10. Con las lecturas obtenidas en la pregunta 8 y 9, obtenga el valor de la resistencia interna de la fuente.

$$R_i = \frac{1.475 - 1.455}{1.455} * 100\Omega = 1.574\Omega$$

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA.

Dependerá de la persona que la realice.

3.7 PRÁCTICA No. 7 LEYES DE KIRCHHOFF Y CIRCUITOS R.C.

CUESTIONARIO PREVIO

1. Enuncie la Ley de corrientes de Kirchhoff, así como su expresión matemática.

R:

- Ley de los nodos de Kirchhoff (ley de corrientes).- La suma algebraica de las corrientes que inciden en un nodo es cero.

$$\sum_{j=1}^N I_j = 0$$

- Ley de Kirchhoff de los nodos: La suma algebraica de las corrientes que entran y salen en un nodo es cero. Esto es:⁽¹⁾

$$\sum I = 0$$

2. Enuncie la Ley voltajes de Kirchhoff, así como su expresión matemática.

R:

- Ley de voltajes de Kirchhoff.- La suma algebraica de los voltajes de todos los elementos (activos y pasivos) alrededor de cualquier trayectoria cerrada (malla) es cero.

$$\sum \text{fems} + \sum Rl = 0$$

- Ley de Kirchhoff de voltajes: La suma algebraica de las diferencias de potencial en cualquier trayectoria cerrada, incluyendo las asociadas con fuentes de fem y elementos de resistencia, deben ser cero. Esto es:⁽¹⁾

$$\sum V = 0$$

3. ¿Se cumple el principio de conservación de energía para las dos leyes anteriores?

R:

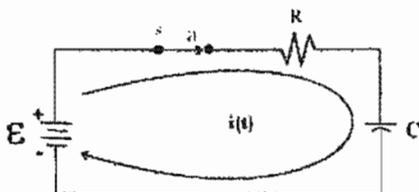
- Las Leyes de Kirchhoff se fundamentan en el principio de la conservación de la carga y en la conservación de la energía
- La regla de los nodos se basa en la conservación de la carga eléctrica. Como no se puede acumular carga en un nodo, la carga total que entra en un nodo por unidad de tiempo debe ser igual a la que sale. La carga por unidad de tiempo es la corriente, así que si tomamos como positivas las corrientes que entran y negativas las que salen, la suma algebraica de corrientes en una unión o nodo debe ser cero. La regla de las mallas afirma que la fuerza electrostática es conservativa. Suponga que recorremos una trayectoria cerrada en un circuito y medimos las diferencias de potencial a través de los diferentes elementos del circuito. Cuando llegamos al punto de inicio, la suma algebraica de las diferencias medidas debe ser cero; de otro modo, no podríamos decir que el potencial en este punto tiene un valor definido.⁽¹⁾

La Ley de voltajes de Kirchhoff, se refiere a la Ley de la conservación de la energía

4. Para el circuito de la segunda figura de los fundamentos teóricos deduzca la ecuación $V_R(t)$ en el proceso de carga y descarga del capacitor (posición a y b respectivamente) y realice las gráficas correspondientes para cada caso.

R:

- Con el interruptor en la posición a se tiene el proceso de energización



Aplicando LVK se tiene

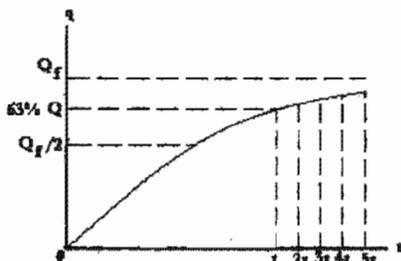
$$\varepsilon - Ri_R(t) - \frac{1}{C} \int i_C(t) dt = 0$$

Donde

$$V_R = Ri_R(t) \quad , \quad V_C = \frac{1}{C} \int i_C(t) dt$$

5. Auxíliese por medio de la gráfica de voltaje de carga en un capacitor y represente el significado de la constante de tiempo para un circuito RC.

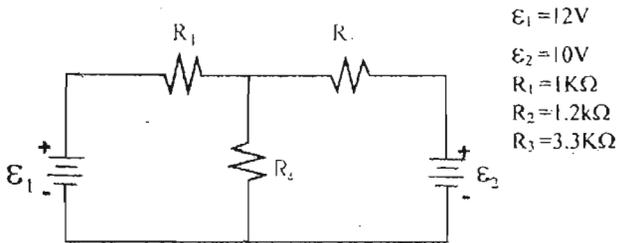
R.



DESARROLLO

Circuitos de corriente directa y leyes de Kirchhoff

- Arme el circuito mostrado en la figura 3.25
- Realice mediciones de voltaje y corriente de acuerdo a la tabla 3.24 y concentre sus mediciones en la misma.



$\epsilon_1 = 12V$
 $\epsilon_2 = 10V$
 $R_1 = 1K\Omega$
 $R_2 = 1.2k\Omega$
 $R_3 = 3.3K\Omega$

Figura 3.25

ELEMENTO	CORRIENTE [mA]	VOLTAJE [V]
R_1	2.53	2.52
R_2	0.4	0.47
R_3	2.93	9.57

Tabla 3.24

Circuito RC

- c) Calibre el osciloscopio en voltaje y frecuencia
- d) Ajuste el generador de tal manera que obtenga una señal de pulsos de 5 V C.D de amplitud y 2KHz de frecuencia
- e) Alambre el circuito de la figura 3.26

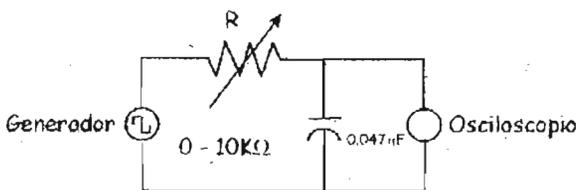


Figura 3.26

- f) Varie el potenciómetro hasta obtener una señal fácil de medir.
- g) Con ayuda del osciloscopio observe el voltaje en el capacitor y en el resistor.
- h) Desconecte la resistencia del circuito y mídala, anotando su valor.

El valor de la resistencia en el potenciómetro es de 950Ω

PREGUNTAS

1. ¿Qué concluye respecto a los valores obtenidos experimentalmente y teóricamente en el circuito de la figura 3.25?

Los valores obtenidos en forma experimental suelen ser los mas exactos aunque todo depende de las condiciones de los aparatos de medición; y los valores obtenidos teóricamente son en base a valores predefinidos, por lo que los mas aceptables son los primeros

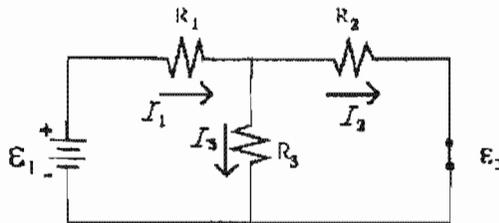
2. ¿Se cumple el principio de conservación de la energía para las lecturas de la tabla 3.24? ¿Qué consideraciones hay que hacer?

Si se cumple, aunque por la variación en el valor de las resistencias es probable que varíe un poco los resultados que se deben obtener en las mediciones.

$$E_1 = 12[V] \quad E_2 = 10[V] \quad R_1 = 1[K\Omega] \quad R_2 = 1.2[K\Omega] \quad R_3 = 3.3[K\Omega]$$

“Por el método de superposición:”

Cortocircuitamos a E_2



$$R_T = R_1 + \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = 1K + \frac{(1.2K)(3.3K)}{1.2K + 3.3K} = 1.88K\Omega$$

$$I_T = \frac{E_1}{R_T} = \frac{12V}{1.88K\Omega} = 6.38mA$$

$$I_T = I_1 = 6.38mA \quad \therefore V_1 = R_1 I_1$$

$$V_1 = (1K\Omega)(6.38mA) = 6.38V$$

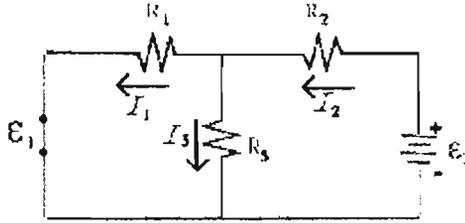
$$V_2 = E_1 - V_1 = 12V - 6.38V = 5.62V$$

$$V_2 = V_3 = 5.62V$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{5.62V}{1.2K\Omega} = 4.68mA$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{5.62V}{3.3K\Omega} = 1.7mA$$

Cortocircuitamos a E_1



$$R_T = R_2 + \frac{R_1 \times R_3}{R_1 + R_3} = 1.2K + \frac{(1K)(3.3K)}{1K + 3.3K} = 1.967K\Omega$$

$$I_T = \frac{E_2}{R_T} = \frac{10V}{1.967K\Omega} = 5.08mA$$

$$I_T = I_2 = 5.08mA \quad \therefore V_2 = R_2 I_2$$

$$V_2 = (1.2K\Omega)(5.08mA) = 6.11V$$

$$V_3 = E_2 - V_2 = 10V - 6.11V = 3.89V$$

$$V_3 = V_1 = 3.89V$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{3.89V}{1K\Omega} = 3.9mA$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{3.89V}{3.3K\Omega} = 1.18mA$$

Encontrando las I_T

$$I_{T1} = I_1 - I_1 = |6.38mA - 3.9mA| = 2.48mA \rightarrow$$

$$I_{T2} = I_2 - I_2 = |4.68mA - 5.08mA| = 0.4mA \leftarrow$$

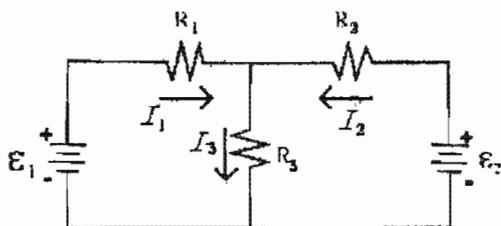
$$I_{T3} = I_3 - I_3 = |1.7mA - 1.18mA| = 2.88mA \downarrow$$

$$V_{R1} = R_1 I_{T1} = (1K\Omega)(2.48mA) = 2.48V$$

$$V_{R2} = R_2 I_{T2} = (1.2K\Omega)(0.4mA) = 0.48V$$

$$V_{R3} = R_3 I_{T3} = (3.3K\Omega)(2.88mA) = 9.5V$$

“Por mallas”



$$I) E_1 - V_{R1} - V_{R3} = 0$$

$$II) V_{R3} + V_{R2} - E_2 = 0$$

$$I) 12 - R_1 I_1 - R_3 (I_1 + I_2) = 0$$

$$II) R_3 (I_1 + I_2) + R_2 I_2 - 10 = 0$$

Para malla I

$$12 - 1000I_1 - 3300I_1 - 3300I_2 = 0$$

$$12 - 4300I_1 - 3300I_2 = 0$$

Despejando a I_2

$$I_2 = \frac{-4300I_1 + 12}{3300} = \frac{-43}{33} I_1 + \frac{12}{3300}$$

Para malla II

$$3300I_1 + 3300I_2 + 1200I_2 - 10 = 0$$

$$3300I_1 + 4500I_2 - 10 = 0$$

Sustituir I_2 de la malla I en la malla II

$$3300I_1 + 4500 \left(\frac{-43}{33} I_1 + \frac{12}{3300} \right) - 10 = 0$$

$$3300I_1 - 5863.63I_1 + 16.36 - 10 = 0$$

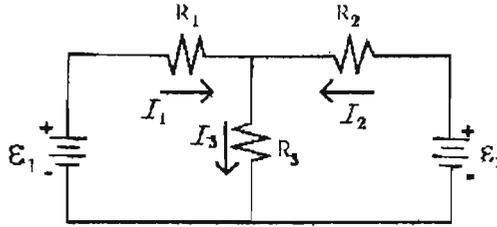
$$-2563.63I_1 + 6.36 = 0$$

$$I_1 = \frac{6.36}{2563.63} = 2.48 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{43}{33} (0.00248) - \frac{12}{3300} = 0.4 \text{ mA}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = (2.48 \text{ mA} + 0.4 \text{ mA}) = 2.88 \text{ mA}$$

“Por Nodos”



$$I) \quad I_3 = I_2 + I_1$$

$$I_1 = \frac{V_{R1}}{R_1}; \quad I_2 = \frac{V_{R2}}{R_2}; \quad I_3 = \frac{V_{R3}}{R_3}$$

$$V_{R1} = E_1 - V_{R3}; \quad V_{R2} = E_2 - V_{R3}$$

$$I_1 = \frac{E_1 - V_{R3}}{R_1}; \quad I_2 = \frac{E_2 - V_{R3}}{R_2}; \quad I_3 = \frac{V_{R3}}{R_3}$$

Sustituyendo en I

$$\frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{E_2 - V_{R3}}{R_2} + \frac{E_1 - V_{R3}}{R_1}$$

$$\frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{R_2(E_1 - V_{R3}) + R_1(E_2 - V_{R3})}{R_1 R_2} = \frac{R_2 E_1 - R_2 V_{R3} + R_1 E_2 - R_1 V_{R3}}{R_1 R_2}$$

$$\left[\frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{R_2 E_1 - R_2 V_{R3} + R_1 E_2 - R_1 V_{R3}}{R_1 R_2} \right] (R_1 R_2 R_3)$$

$$R_1 R_2 V_{R3} = R_2 R_3 E_1 - R_2 R_3 V_{R3} + R_1 R_3 E_2 - R_1 R_3 V_{R3}$$

$$R_1 R_2 V_{R3} + R_2 R_3 V_{R3} + R_1 R_3 V_{R3} = R_2 R_3 E_1 + R_1 R_3 E_2$$

$$V_{R3} = \frac{R_2 R_3 E_1 + R_1 R_3 E_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3} = \frac{(3.3\text{K}\Omega)(1.2\text{K}\Omega)(12\text{V}) + (1\text{K}\Omega)(3.3\text{K}\Omega)(10\text{V})}{(1\text{K}\Omega)(1.2\text{K}\Omega) + (1.2\text{K}\Omega)(3.3\text{K}\Omega) + (1\text{K}\Omega)(3.3\text{K}\Omega)} = 9.51\text{V}$$

$$V_{R1} = E_1 - V_{R3} = 12\text{V} - 9.51\text{V} = 2.48\text{V}$$

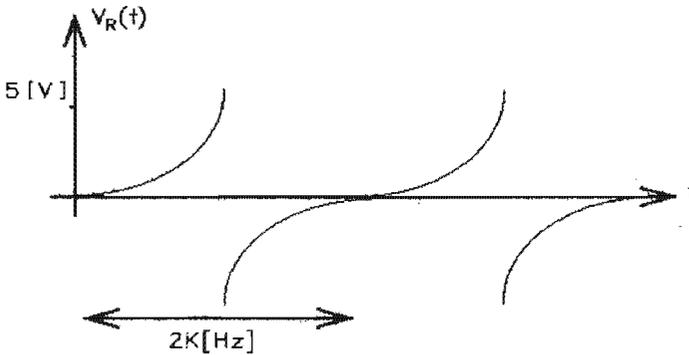
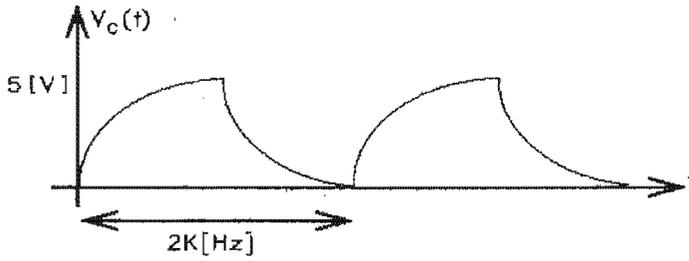
$$V_{R2} = E_2 - V_{R3} = 10\text{V} - 9.51\text{V} = 0.49\text{V}$$

$$I_1 = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{2.48\text{V}}{1\text{K}\Omega} = 2.48\text{mA}$$

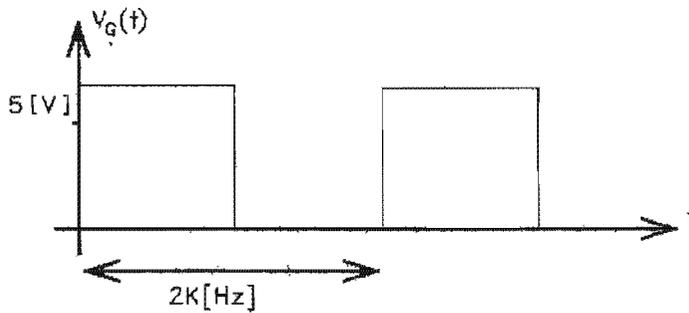
$$I_2 = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{0.49\text{V}}{1.2\text{K}\Omega} = 0.4\text{mA}$$

$$I_3 = \frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{9.51\text{V}}{3.3\text{K}\Omega} = 2.88\text{mA}$$

3. Realice una gráfica acotada del voltaje en el capacitor y en la resistencia, en el proceso de carga y descarga en el inciso (g).



4. Realice la suma de las gráficas de voltaje anteriores. Explique el resultado.



5. De la gráfica de voltaje de energización, anote el voltaje y encuentre el valor de la constante de tiempo

El tiempo por división es de 1ms y son 2.6 divisiones por lo que la constante de tiempo es: $T = (2.6)(0.1ms) = 0.26ms$; $T = 5t \Rightarrow t = \frac{0.26ms}{5} = 0.05ms$

6. Calcule el valor de la Capacitancia del capacitor empleado a partir de la constante de tiempo y el valor de la resistencia encontrada en h).

$t = RC \Rightarrow C = \frac{t}{R} = \frac{0.005 \times 10^{-3} s}{950 \Omega} = 0.052 \mu f$

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRACTICA

Dependerá de la persona que la realice.

3.8 PRÁCTICA No. 8 CAMPOS MAGNÉTICOS ESTACIONARIOS

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina el concepto de magnetismo y enuncie algunas fuentes generadoras de campo magnético estacionario.

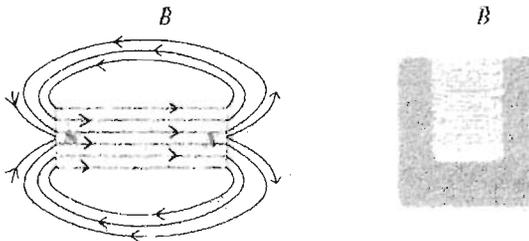
R:

- La naturaleza fundamental del magnetismo es la interacción de las cargas eléctricas en movimiento.⁽³⁾
- Un campo magnético estacionario puede ser establecido por un imán permanente, por una corriente eléctrica en un conductor ó por otras cargas en movimiento.⁽³⁾

2. Enuncie las características más relevantes de las líneas de fuerza que representan un campo magnético estacionario. Además dibuje auxiliándose por medio de líneas de fuerza la configuración de campo magnético debido a: un imán recto y uno en forma de U.

R:

- Las líneas de campo magnético son perpendiculares a la fuerza magnética sobre una carga móvil.⁽²⁾
- Las líneas de campo magnético forman circuitos cerrados; no hay puntos en el espacio en donde las líneas comiencen o terminen, porque los polos aislados aparentemente no existen.⁽⁵⁾

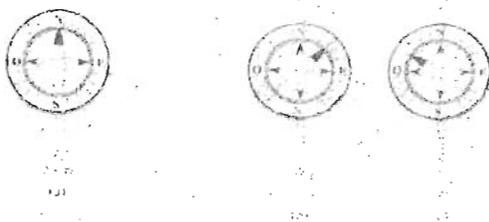


3. Describa el experimento de Oersted, así como la regla de la mano derecha.

R:

Experimento de Oersted

- Se coloca una brújula directamente sobre un cable horizontal. En la figura (a) la aguja apunta hacia el norte cuando no hay corriente. En la figura (b) la aguja se desvía hacia el oeste cuando la corriente fluye hacia el norte. En la figura (c) la aguja se desvía hacia el este cuando la corriente fluye hacia el sur. Si la brújula se coloca directamente bajo el cable, la aguja se desvía en la dirección contraria a la descrita.⁽¹⁾



Regla de la mano derecha:

- Tome el elemento con su mano derecha y el pulgar extendido apuntando en la dirección de la corriente. De manera natural, los dedos se doblan en la dirección de las líneas de campo magnético debidas a ese elemento. Lo cual se muestra en la siguiente figura.⁽²⁾



4. Enuncie la ley de Ampere así como su expresión matemática.

R:

- "La circulación de un campo magnético es igual a la corriente encerrada por la trayectoria cerrada seleccionada".

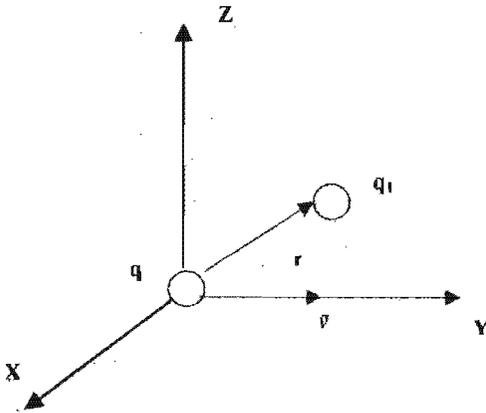
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_{enc}$$

i_{enc} = corriente neta encerrada por ese lazo⁽³⁾

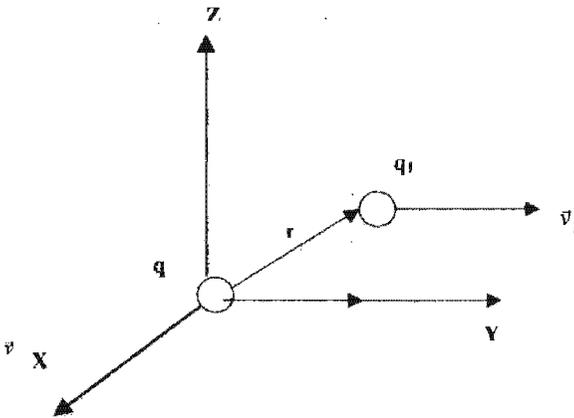
5. Exprese y represente gráficamente los vectores de la relación matemática que cuantifique la fuerza magnética que obra sobre una carga eléctrica que se mueve en una región en la cual existe un campo magnético uniforme.

R:

- Teniendo presente la fuerza electrostática entre dos cargas en reposo, como se indica la siguiente figura se tiene:



Ahora si las cargas se mueven uniformemente con velocidades v y v_1 respectivamente figura siguiente:



Existirá además una "fuerza magnética" F_B ejercida sobre q debido a q_1 dada por:

$$F_B = \frac{\mu_0 q q_1}{4\pi r^2} v \times \left(v_1 \times \frac{r}{r} \right)$$

Donde: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{N \cdot s^2}{C^2} \right]$ es la constante de permeabilidad magnética del aire.

Descomponiendo en factores

$$F_b = qv \times \frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^2} \left(v_1 \times \frac{r}{r} \right)$$

Donde se define:

$$B = \frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^2} \left(v \times \frac{r}{r} \right) \quad \text{INDUCCIÓN MAGNÉTICA O CAMPO MAGNÉTICO}$$

$$F_b = qv \times B$$

DESARROLLO

Configuraciones de campo magnético

- Coloque una hoja de papel sobre el imán recto y rocíe limadura de hierro sobre él, considerando el eje del imán en posición vertical y en posición horizontal.
- Repita el inciso a) ahora con el imán en forma de U.
- Coloque dos imanes rectos con sus polos norte, uno frente al otro, ponga una hoja sobre ellos y rocíe limadura de hierro sobre ella, repita el procedimiento colocando polos contrarios

NOTA: Verificar la polaridad del imán auxiliándose por medio de la brújula

Experimento de OERSTED

- Coloque cuatro brújulas en el perímetro de una circunferencia alrededor del hilo conductor del dispositivo de OERSTED. (cerciórese que todas las brújulas señalen en la misma dirección: norte geográfico).

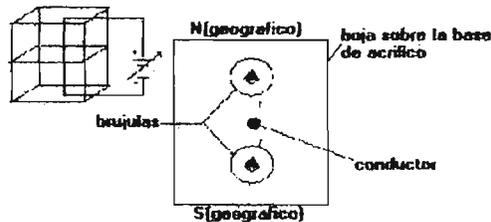


Figura 3.27

- Empleando la fuente de poder suministre una corriente eléctrica de 10 [A] por el conductor y compruebe la existencia del campo magnético debido a la corriente que circula por el hilo conductor.

- f) Verifique que el sentido del campo magnético indicado por la brújula coincide con la regla de la mano derecha.
- g) Desenergize el dispositivo de OERSTED.
- h) Quite las brújulas y coloque una hoja de papel a continuación rocíe limadura de hierro y observe la configuración del campo magnético.

Campo magnético producido por una bobina circular y un solenoide

- i) Coloque en el plano de la bobina circular, sobre el eje central cuatro brújulas (cerciórese que el eje de la bobina no coincida con el norte - sur geográfico).
- j) Conecte la fuente de poder y ajuste la corriente eléctrica a 5 [A]. Observe la orientación de las brújulas.
- k) Conecte la fuente de poder al solenoide y ajuste el voltaje hasta tener una corriente de 4 (A).
- l) A continuación coloque una hoja de papel sobre el solenoide estando este en posición horizontal y rocíe limadura de hierro ¿Qué concluye al respecto?

La limadura de hierro al igual que en el caso de los imanes tomo la orientación del campo magnético que la espira genera al fluir una corriente eléctrica.

Fuerza magnética entre polos magnéticos

- m) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 3.28 y fije una distancia de 12 cm. entre las caras de ambos imanes.
- n) A continuación por medio de los jinetillos restablezca el equilibrio concentre su lectura en la tabla 3.25 Verifique que el fiel de la balanza marque cero.
- o) Repita lo anterior para distancias según la tabla 1 y concentre sus lecturas en la misma.
- p) Sustituya el imán superior por el electroimán, colóquelo a una distancia de 8 (cm.) y conéctela a la fuente de poder de manera que provoque repulsión al circular corriente por él.
- q) Ajuste la corriente según los valores de la tabla 3.26 y para cada caso restablezca el equilibrio en la balanza; concentrando sus lecturas en la misma tabla.

12	0.0001	0.000981
10	0.0002	0.001962
8	0.0004	0.003924
6	0.0007	0.006867
4	0.0017	0.016677
2	0.0057	0.055917

Tabla 3.25

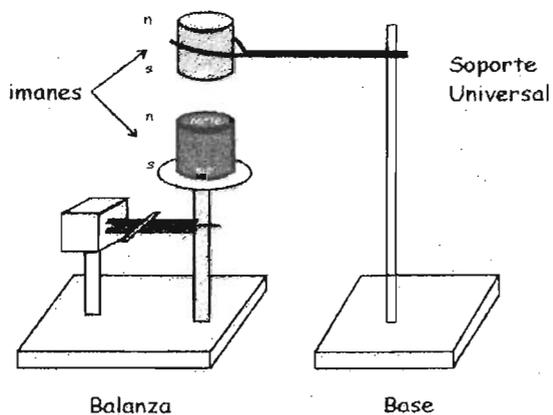


Figura 3.28

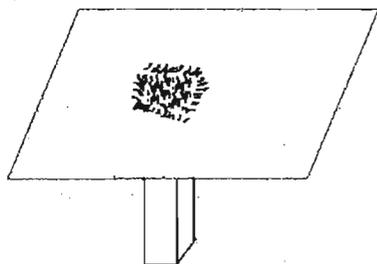
CORRIENTE [A]	MASA [Kg.]	FUERZA [N]
1	0.0001	0.0157
2	0.0002	0.0314
3	0.0003	0.0470
4	0.0004	0.0628
5	0.0005	0.0785

Tabla 3.26

PREGUNTAS

1. Dibuje la forma de las líneas de campo magnético producidas en el plano de la hoja por el imán recto, estando el eje del imán:

1.1. En posición vertical.



1.2. En posición horizontal

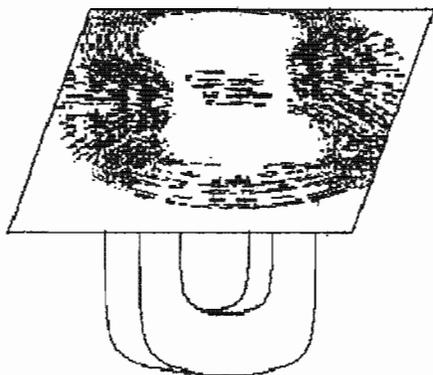


1.3. ¿Qué concluye al respecto?

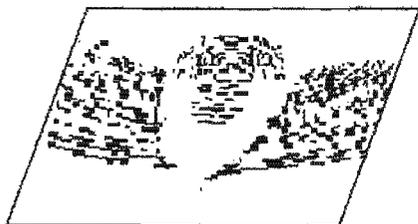
En la figura 1.2 se observa el campo magnético que esta generando el imán, por medio de la limadura de hierro; en la figura 1.1 al no tener otro polo dentro de la hoja, no se alcanza a observar el mismo campo magnético que se observaba con el iman en posición horizontal solo se alcanza a observar como sale de un polo

2. Dibuje la forma de las líneas de campo magnético producidas en el plano de la hoja por el imán, estando el eje de simetría.

2.1. En posición vertical



2.2. En posición horizontal

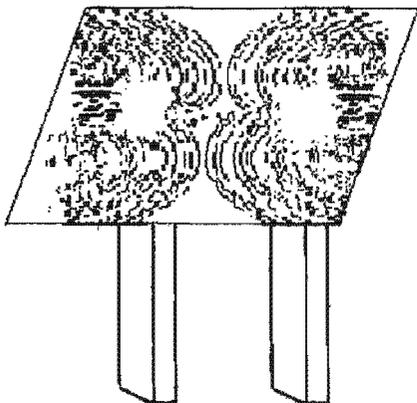


2.3. ¿Qué concluye al respecto?

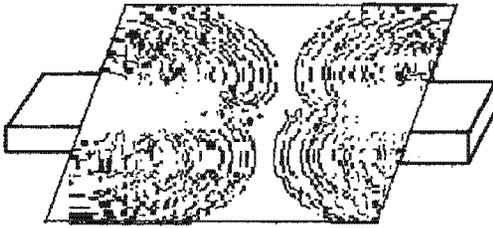
En este caso en la parte central del imán en forma de U se observa claramente el campo magnético que existe, ya que al tener los dos polos a la misma distancia, el campo no sale de un extremo a otro; pero en las partes externas el campo se observa de la misma forma que en el caso del imán que se observó en el inciso b).

3. Dibuje las líneas de campo magnético producido en el plano de la hoja por los dos imanes colocados con la misma polaridad

3.1 En posición vertical



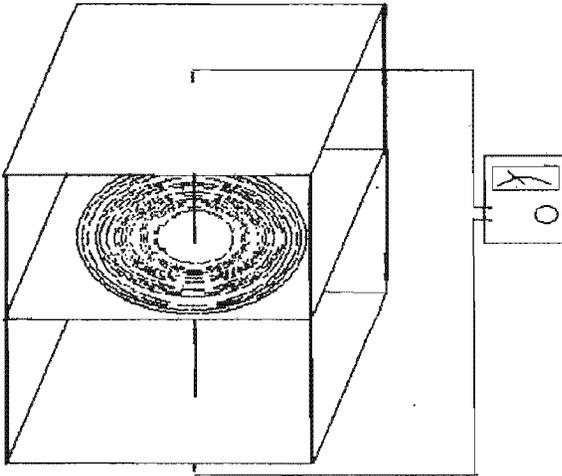
3.2 En posición horizontal



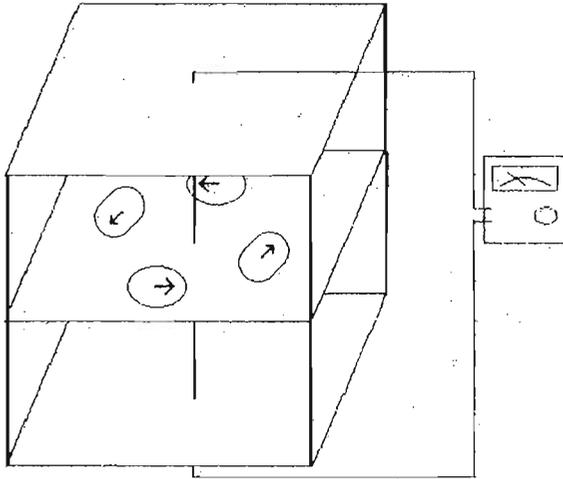
3.3 ¿Qué concluye al respecto?

Aquí podemos observar, de acuerdo a las imágenes anteriores que cuando los imanes se colocan con la misma polaridad el campo magnético se orienta hacia el polo magnético opuesto de cada imán, quedando en el centro de ambos imanes los campos magnéticos repelidos.

4. Dibuje la configuración de campo magnético auxiliándose por medio de líneas de fuerza. Observadas en el inciso h.



5. Auxílese con las brújulas para obtener la configuración del campo magnético utilizadas en el inciso e ¿Qué concluye al respecto?
El campo se encuentra alrededor del eje de simetría de la bobina



6. Si invierte el sentido de la corriente ¿Cuáles serían sus conclusiones respecto a las líneas de fuerza?

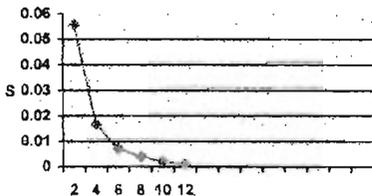
Las líneas siguen siendo las mismas, solo que se invierten las orientaciones de las agujas de las brújulas, pero aun así sigue la regla de la mano derecha.

7. Considerando los valores de la tabla 3.25. ¿Cómo varía la magnitud del campo magnético sobre el eje de la espira? Escriba la ecuación matemática que cuantifica esta variación.

Al colocar la brújula en un extremo del solenoide la aguja señala hacia el sur; y al colocarla en el otro extremo esta apunta hacia el norte. Conforme se fue alejando la brújula de la espira la orientación de la aguja cambiaba conforme al campo

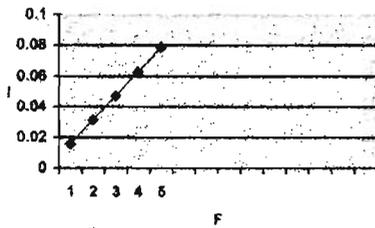
magnético. La ecuación es la siguiente:
$$B = \frac{\mu_0 i}{2R}$$

8. Tabule los resultados anteriores en una gráfica de fuerza magnética y (S) distancia y escriba la relación matemática de este comportamiento ¿Cómo varía la fuerza magnética respecto a la distancia?



$$F \propto \frac{1}{d}$$

9. Grafique la fuerza magnética contra corriente eléctrica con los valores obtenidos en la tabla 2 ¿Cómo varía la fuerza magnética respecto a la corriente?



ESCRIBA SUS COMENTARIOS A LA PRÁCTICA

Dependerá de la persona que la realice.

3.9 PRÁCTICA No. 9 LEY DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE FARADAY

CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina la ley de inducción Electromagnética de Faraday.

R:

- La ley de inducción electromagnética de Faraday es una de las ecuaciones básicas del electromagnetismo y esta se define como:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Psi_B}{dt}$$

La relación anterior indica que la fem inducida en una espira conductora es igual a la rapidez con que varía el flujo magnético que cruza esa espira

- La ley de inducción Electromagnética de Faraday, establece que “La fuerza electromotriz de un circuito conductor es igual a la rapidez de cambio de un flujo que es eslabonado en dicho circuito”⁽²⁾
- La fem inducida en una espira cerrada es igual a menos la razón temporal de cambio del flujo magnético a través de la espira.⁽¹⁾
- La magnitud de la fem inducida en un lazo conductor es igual a la rapidez que el flujo magnético que pasa por ese lazo cambia con el tiempo.⁽²⁾

2. Defina la ley de Lenz.

R:

- Una corriente inducida tiene una dirección tal que el campo magnético debido a la corriente se opone al cambio en el flujo magnético que induce la corriente.⁽²⁾
- La dirección de cualquier efecto de inducción magnética es tal que se opone a la causa de tal efecto.⁽¹⁾

3. Enuncie el principio básico del transformador eléctrico .

R:

- Consta de dos embobinados que se enrollan en un mismo núcleo de hierro dulce. En la rama izquierda circula, por el primario una corriente alterna de gran intensidad y bajo voltaje; como esa corriente esta cambiando constantemente de sentido, induce en el secundario otra corriente de voltaje muy elevado, pero de intensidad pequeña.

4. Enuncie el principio básico del generador de corriente alterna (c.a).

R:

- Alrededor de un punto gira un alambre que ocupa consecutivamente diferentes posiciones. Durante ese movimiento, el alambre esta “cortando” las líneas de inducción y, por consiguiente, esta generando una fem inducida.⁽²⁾

DESARROLLO

PRINCIPIO BÁSICO DEL TRANSFORMADOR ELÉCTRICO:

Transformador regulador

Medición de voltaje

- a) Arme el circuito mostrado en la figura 3.29 empleando las bobinas iguales de 600 espiras

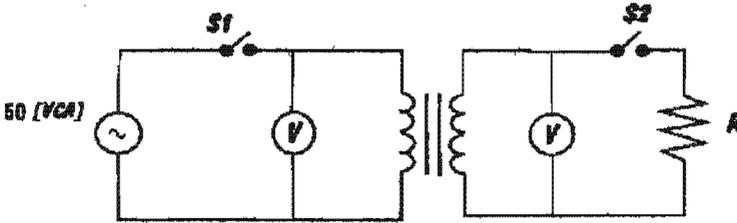


Figura 3.29

Cerrando únicamente el interruptor S_1 :

- b) Mida el voltaje en el primario en vacío
c) Mida el voltaje en el secundario en vacío
Anote los datos obtenidos en la tabla 3.27.

Ahora con los dos interruptores (S_1 y S_2) cerrados:

- d) Mida el voltaje en el primario con carga
e) Mida el voltaje en el secundario con carga
Anote los datos obtenidos en la tabla 3.27.

Medición de corriente

- f) Arme el circuito de la figura 3.30, empleando las bobinas (600 espiras)

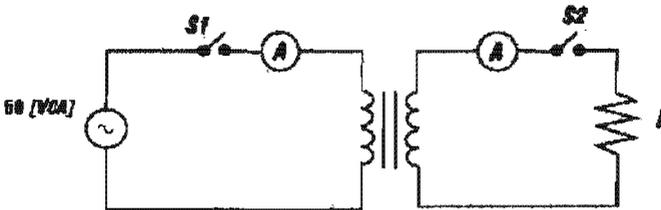


Figura 3.30

Cerrando únicamente el interruptor S_1 :

g) Mida la corriente en el primario en vacío

La corriente en el secundario no se puede medir porque dañaría al multímetro; ya que este circuito no cuenta con una carga en el secundario.

Anote los datos en la tabla 3.27

Ahora con los dos interruptores (S_1 y S_2) cerrados:

h) Mida la corriente en el primario con carga.

i) Mida la corriente en el secundario con carga.

Anote los datos en la tabla 3.27

Circuito	Voltaje (V)		Corriente (A)	
	Primario	Secundario	Primario	Secundario
En vacío	50	49.4	219.7×10^{-3}	-----
Con carga	49.7	48.4	228.8×10^{-3}	26.5×10^{-3}

Tabla 3.27

Transformador reductor de voltaje.

j) Reemplazar en el circuito primario de la figura 3.29, la bobina de 600 espiras por una de 1200 espiras.

k) Realice las mediciones de la misma forma en que lo hizo en el experimento anterior.

Anote los resultados en la tabla 3.28

Circuito	Voltaje (V)		Corriente (A)	
	Primario	Secundario	Primario	Secundario
En vacío	50	24.52	57.5×10^{-3}	-----
Con carga	50	24.4	57.85×10^{-3}	13.24×10^{-3}

Tabla 3.28

Transformador elevador de voltaje

l) Realice las mismas mediciones que los experimentos 1 y 2 pero ahora colocando la bobina de 600 espiras en el primario y la de 1200 espiras en el secundario. Anote los resultados en la tabla 3.29.

Circuito	Voltaje (V)		Corriente (A)	
	Primario	Secundario	Primario	Secundario
En vacío	50	98	237.6×10^{-3}	-----
Con carga	49.6	92.8	258.5×10^{-3}	50.25×10^{-3}

Tabla 3.29

Transformador	N _p	N _s	k	V ₁ (VU)	V ₂		Φ ₂	
					EXP.	TEOR.	MAXWELL	MAXWELL
Básico	600	600	1	50	49.4	50	221.04×10^{-6}	221.04×10^{-6}
Reductor	1200	600	0.5	50	24.52	25	110.52×10^{-6}	110.52×10^{-6}
Elevador	600	1200	2	50	98	100	221.04×10^{-6}	221.04×10^{-6}

Tabla 3.30

PREGUNTAS

- ¿Se verificó el fenómeno de inducción electromagnética del circuito primario al secundario?
Si, se observo al haber una respuesta en el secundario
- ¿Se comprobó la acción transformadora en cada caso?
Si, en el circuito básico obtuvimos en el secundario un voltaje aproximado al aplicado en el primario; En el circuito reductor se obtuvo en el secundario la mitad del voltaje aplicado en el primario y en el circuito elevador obtuvimos en el secundario el doble de voltaje aplicado en el primario.
- ¿Qué factores cree que intervengan respecto de sus resultados teóricos y experimentales?
Las pérdidas provocadas por diversos factores (vibraciones, aislantes, por el material y diseño del núcleo, etc.).
- Con los datos de los experimentos realizados llene la tabla 3.30 y calcule el voltaje del secundario y los flujos magnéticos, para cada caso.

ESCRIBA SUS COMENTARIOS Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA

Dependerá de la persona que la realice.

3.10 PRÁCTICA No. 10 PROPIEDADES MAGNÉTICAS

CUESTIONARIO PREVIO

1.- Defina los conceptos siguientes:

R:

- Diamagnetismo

Son aquellos que tienen valores negativos muy pequeños de susceptibilidad magnética χ_m ; fue descubierto por Faraday en 1846. una sustancia será diamagnética si sus átomos tienen momento angular cero y por tanto no poseen momento magnético permanente.⁽⁵⁾

- Paramagnetismo

Se presenta en sustancias cuyos átomos tienen momentos magnéticos permanentes que interactúan entre si, solo muy débilmente dando lugar a una susceptibilidad magnética χ_m positiva y muy pequeña.⁽⁵⁾

- Ferromagnetismo

Se presenta en el hierro puro, cobalto, níquel y en aleaciones de estos metales entre si. También tiene lugar en gadolinio, disprosio y en pocas sustancia más. Esto es debido a una interacción intensa entre los electrones de una banda parcialmente llena de metal o entre los electrones localizados que forman momentos magnéticos sobre moléculas o átomos vecinos. Estos materiales tienen una susceptibilidad magnética χ_m muy grande y positiva.⁽⁵⁾

2.- Defina el concepto momento dipolar magnético

R:

- El momento puede escribirse convenientemente en función del momento dipolar μ de la espira de corriente definido por: $\mu = NIA\hat{n}$; La unidad es $[A/m^2]$ ⁽⁵⁾
- El producto IA se conoce como momento bipolar magnético o momento magnético de la espira, para el cual usamos el símbolo μ y cuya ecuación es $\mu = IA$

3.- Deduzca la expresión matemática que relaciona el campo magnético generado en el núcleo del solenoide con la corriente eléctrica que fluye en el mismo y describa sus características.

R:

- Teniendo presente la expresión de campo magnético en el núcleo de un solenoide

$$\vec{B} = \frac{\mu_o Ni}{L} = \frac{\mu_o NiA}{LA} = \frac{\mu_o \vec{m}}{V}$$

Donde el momento magnético dipolar ($\vec{\mu}_B$) por unidad de volumen (V) se define como magnetización (\vec{M}) la cual caracteriza el comportamiento magnético de los materiales.

Por lo tanto: $\vec{B}_N = \mu_o \vec{M}$ contribución al campo en su forma vectorial; magnético total, por parte del núcleo.

Donde:
$$\vec{M} = \frac{\vec{m}}{V} \left[\frac{A}{m} \right]$$

Ahora bien el campo magnético neto de un solenoide con núcleo de hierro, en su interior, es la suma vectorial de las contribuciones del campo magnético externo, el del solenoide B_{ext} y la magnetización del núcleo.

$$\vec{B} = \vec{B}_{ext} + \vec{B}_N = \vec{B}_{ext} + \mu_o \vec{M} \quad \text{campo magnético total del solenoide con núcleo}$$

4.- Indique las unidades de intensidad de campo magnético \vec{H} y el campo magnético \vec{B} así como la expresión que relaciona ambas.

R:

$$\vec{B}_N = \mu_o \vec{M} \quad ; \quad H \left[\frac{A}{m} \right] \text{ y } B[T] \text{ ó } \left[\frac{Wb}{m^2} \right]$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_o} - \vec{M}$$

Por lo cual $\vec{B} = \mu \vec{H}$ relación entre el campo magnético total en un material y la intensidad magnética que es una medida del efecto de las corrientes libres.

5.-Defina el fenómeno de histéresis en los materiales ferromagnéticos.

R:

- La histéresis se puede comprender por medio del concepto de dominios magnéticos. Evidentemente, los movimientos de fronteras del dominio y la reorientaciones y las direcciones de dominio no son totalmente reversibles: Donde el campo magnético aplicado B_0 se aumenta y luego decrece a su valor inicial, los dominios no regresan por completo a su configuración original, sino que retienen alguna "memoria" de su alineación después del aumento inicial. ⁽²⁾
- Cuando el campo magnético aplicado se reduce a cero, los dominios no se desorientan completamente. En lugar de ello, mantienen un parte de su alineamiento original. ⁽³⁾

DESARROLLO

- El profesor explicará el uso y manejo del flujometro para medición de flujo magnético.
- Con ayuda del profesor se calibrará el flujometro, estará listo para realizar mediciones.
- Conecte la fuente de poder al solenoide como se muestra en la figura 3.31.
- Gire la perilla de voltaje hasta la mitad y ajuste la perilla de corriente hasta 2.6 A.
- Una vez que la fuente marque 2.6 A desconecte el solenoide

NOTA: Las tomas de lectura con aire deben realizarse en el menor tiempo posible, pues sin núcleo la bobina sufre un calentamiento excesivo.

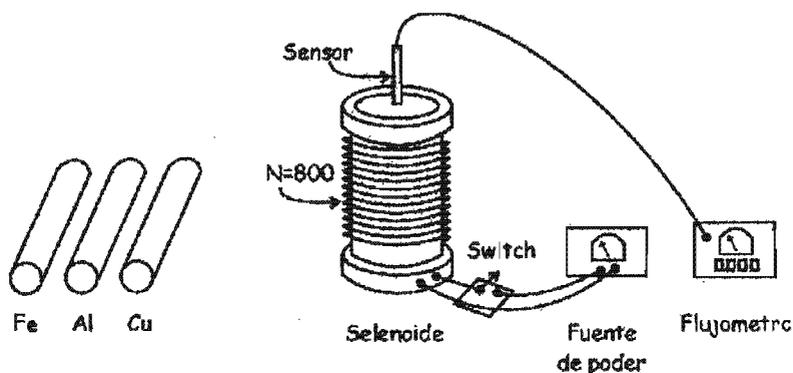


Figura 3.31

NOTA: Durante la toma de lecturas evite usar anillos, relojes o adornos metálicos.

- Con el flujometro encendido se coloca el sensor de este a un centímetro arriba del centro del solenoide evitando que se mueva.
- Seleccione la escala máxima de lectura en el flujometro y conecte el solenoide a la fuente de alimentación con una corriente de alimentación de 2.6 A. Si no registra lectura en el flujometro cambie a una escala apropiada.
- Varíe la corriente en intervalos de 0.4 A y para cada lectura concentre la misma en la tabla 3.31.

I [A]	LECTURA EN EL FLUJOMETRO [Wb/m ²]				CAMPO MAGNÉTICO B CALCULADO [T]			
	AIRE	ALUMINIO	COBRE	HIERRO	AIRE	ALUMINIO	COBRE	HIERRO
2.6	80	85	80	840	0.0128	0.0136	0.0128	0.1344
2.2	65	65	65	760	0.0104	0.0104	0.0104	0.1216
1.8	60	60	60	660	0.0096	0.0096	0.0096	0.1056
1.4	40	40	40	500	0.0064	0.0064	0.0064	0.0800
1.0	35	35	35	380	0.0056	0.0056	0.0056	0.0608
0.6	20	20	20	200	0.0032	0.0032	0.0032	0.0320
0.2	10	10	10	105	0.0016	0.0016	0.0016	0.0168

Tabla 3.3)

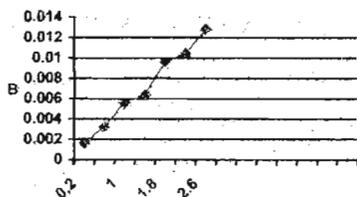
NOTA: Evite cambiar de núcleo cuando esté pasando corriente.

i) Para cada uno de los núcleos se repite el procedimiento a partir del punto g) y concéntrate sus lecturas en la tabla 3.31.

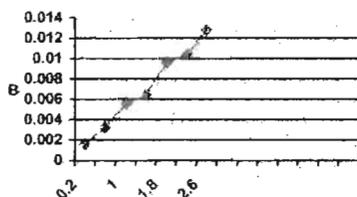
NOTA: Se recomienda realizar las lecturas sin cambiar en lo posible la escala.

PREGUNTAS

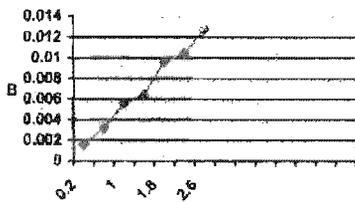
1. Para cada uno de los núcleos (incluyendo el aire), realice una gráfica con la variable independiente en el eje de las abscisas y con la variable dependiente en el de las ordenadas. Use papel milimétrico.



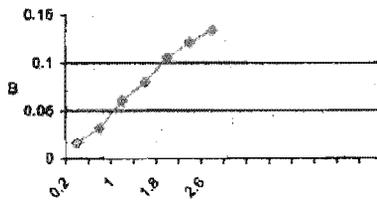
Aire



Aluminio



Cobre



Hierro

2. Mediante el método de mínimos cuadrados establezca la ecuación de la recta que mejor se ajusta a los resultados obtenidos (el modelo matemático).

Sistema $B = mx + b$

$$b n + m \sum x = \sum y$$

$$b \sum x + m \sum x^2 = \sum xy$$

$$b = \frac{\sum y \sum x}{\sum xy \sum x^2} = \frac{(\sum x^2)(\sum y) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$m = \frac{n \sum y}{\sum x \sum xy} = \frac{(\sum x^2)(\sum y) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Para las gráficas del aluminio, aire y cobre

I	B	IxB	I ²
2.6	0.0128	0.0333	6.76
2.2	0.0104	0.0228	4.84
1.8	0.0096	0.0173	3.24
1.4	0.0064	0.0089	1.96
1.0	0.0056	0.0056	1
0.6	0.0032	0.0019	0.36
0.2	0.0016	0.0003	0.04
Σ	9.8	0.0496	0.0901

$$b = \frac{(18.2)(0.0496) - (9.8)(0.09024)}{7(18.2) - (9.8)^2} = 0.0006$$

$$m = \frac{7(0.09024) - (9.8)(0.049)}{7(18.2) - (9.8)^2} = 0.0046$$

$$B = 0.0046x + 0.0006$$

Para las graficas del Hierro

I	B	B ₀	I
2.6	0.1344	0.3490	6.76
2.2	0.1216	0.2675	4.84
1.8	0.1056	0.1901	3.24
1.4	0.0800	0.1120	1.96
1.0	0.0608	0.0608	1
0.6	0.0320	0.0192	0.36
0.2	0.0320	0.0033	0.04
Σ	9.8	1.0019	18.2

$$b = \frac{(18.2)(0.5512) - (9.8)(1.0019)}{7(18.2) - (9.8)^2} = 0.0067$$

$$m = \frac{7(1.0019) - (9.8)(0.5512)}{7(18.2) - (9.8)^2} = 0.0514$$

$$B = 0.0514x + 0.0067$$

3. Calcule la permeabilidad relativa de cada uno de los materiales, en las unidades adecuadas.

NOTA: $\mu_r = \frac{|\vec{B}|}{|\vec{B}_0|}$ B = campo magnético en el material

B₀ = campo magnético en el aire

$$\mu_{r\text{-aire}} = \mu_{r\text{-aluminio}} = \mu_{r\text{-cobre}} = 1$$

$$\mu_{r\text{-hierro}} = \frac{0.1344}{0.0128} = 10.5 \quad ; \quad \mu_{r\text{-hierro}} = \frac{0.1216}{0.0104} = 11.69$$

4. Clasifique magnéticamente los núcleos y corrobore con los libros de texto
Según las tablas del libro de texto "Física tomo II Resnick Halladay-Krane" los materiales que se usaron se clasifican de la siguiente manera.

PARAMAGNÉTICOS	ALUMINIO
DIAMAGNÉTICOS	COBRE
FERROMAGNÉTICOS	HIERRO

Aunque el aire, el aluminio y el cobre se comportaron de la misma forma al realizar las mediciones con el flujometro; y el hierro vario sus resultados con los antes mencionados. Su clasificación magnética, fue la anterior.

ESCRIBA SUS OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES A LA PRÁCTICA.

Dependerá de la persona que la esta realizando

UNIDAD IV

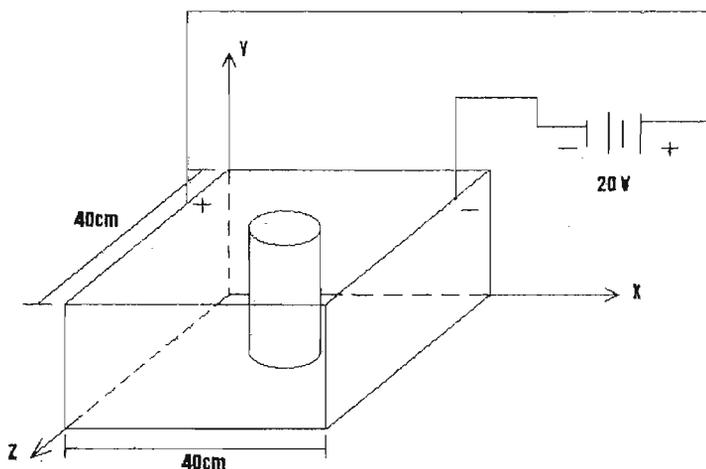
IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO REQUERIDO

En la presente unidad se darán sugerencias a aplicarse en las diferentes practicas que se han mencionado hasta el momento en los capítulos anteriores; estas sugerencias son para que las practicas tengan un mejor desarrollo y así no se presente ningún problema que no permita la correcta realización de estas.

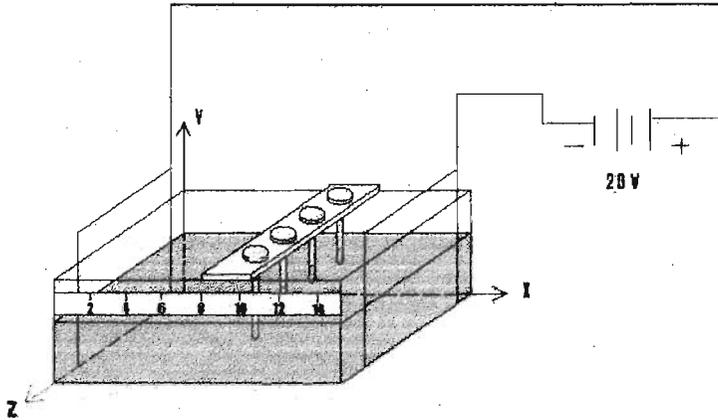
Sin embargo aun con las sugerencias para cambiar algunos elementos del material, así como de equipo, podrían presentarse algunos problemas por las condiciones del medio en el que se realicen.

4.1 PRÁCTICA No. 1 CARGA ELÉCTRICA, CAMPO Y POTENCIAL ELÉCTRICO

Se implementara una caja de acrílico cuyas dimensiones serán de 40cm de ancho, por 40cm de largo; esta caja es necesaria, ya que las cajas con las que se cuenta actualmente no tienen el espacio suficiente para encontrar las superficie equipotenciales requeridas en el inciso i) de esta practica.

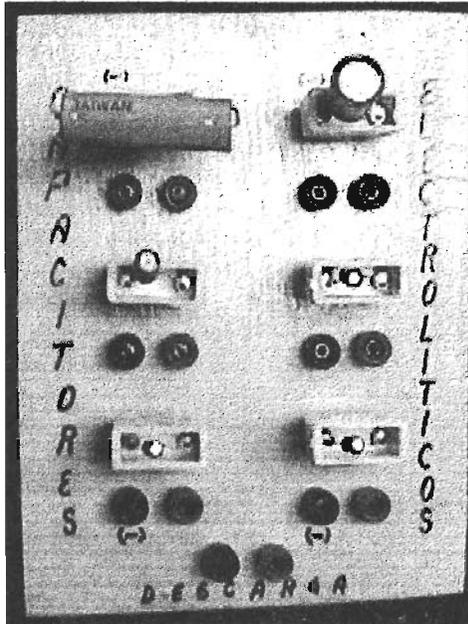


En la determinación de superficies equipotenciales debido a un campo eléctrico existente entre dos placas paralelas se implementara un dispositivo que facilite la demostración del experimento.



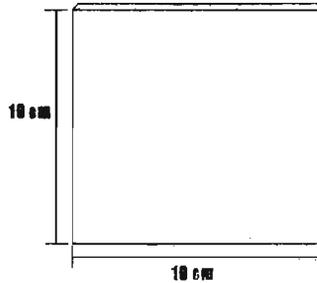
4.2 PRÁCTICA No.2 CAPACITANCIA Y CAPACITORES

En esta practica se implemento una base, que incluye capacitores de tal forma que se descargue cada capacitor antes de usarse, y así mismo se tengan a la vista las conexiones, con el fin de evitar falsos contactos.



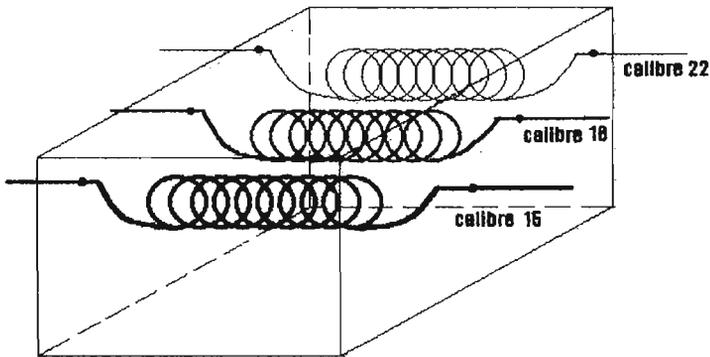
4.3 PRÁCTICA No. 3 CONSTANTES DIELECTRICAS Y RIGIDEZ DIELECTRICA

Implementar nuevas muestras para la caja de ruptura debido a que con las que se cuenta actualmente están deterioradas por el constante uso; además que presenten dimensiones diferentes a las que están en uso actualmente, con el fin de evitar arcos que rodean a la muestra haciendo creer que existió ruptura de rigidez dieléctrica.

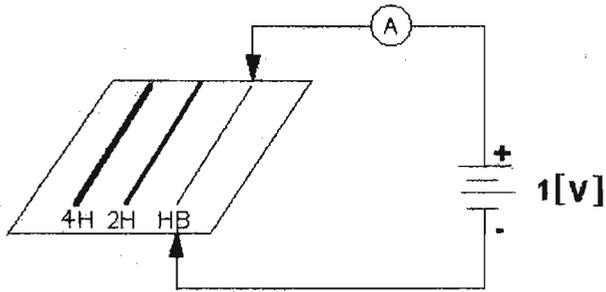


4.4 PRÁCTICA No. 4 RESISTENCIA OHMICA, RESISTIVIDAD Y LEY DE OHM

Elaborar un tablero de conductores de alambre magneto nuevo debido al deterioro en el que se encuentra el tablero que se usa para llevar a cabo parte de esta practica, especificando además sus características, como longitud y calibre. Con el fin de comparar las mediciones realizadas en la practica.

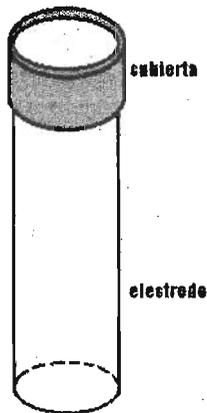


Armado un tablero que cuente con la especificación de las minas de carbón necesarias para llevar a cabo el experimento de determinación de la dependencia de la resistencia, respecto a la conductividad de los conductores.

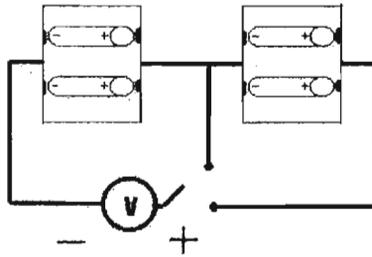


4.5 PRÁCTICA No. 6 FUENTES DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

Sería importante aplicar un recubrimiento en uno de los extremos de los electrodos con el fin de poder maniobrarlos sin el riesgo de tocar las partes que están cubiertas por el ácido que se está utilizando dentro del inciso b) de la practica.

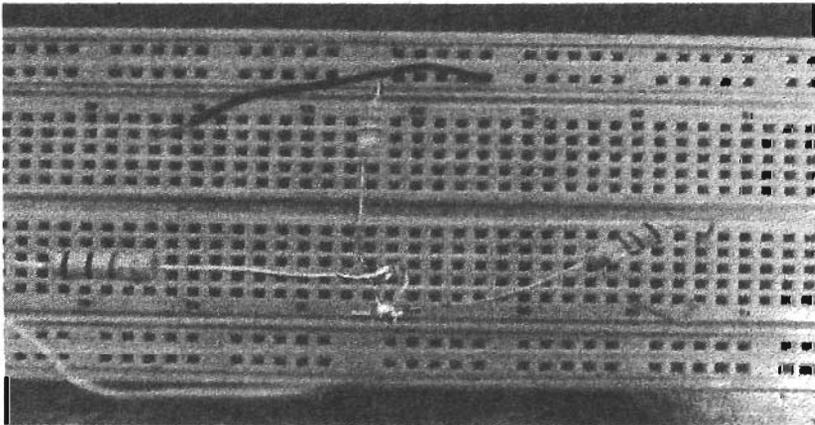


Implementar un dispositivo que facilite la conexión de los diferentes arreglos de pilas, esto por lo complicado que es que se mantengan las pilas juntas sin despegarse los electrodos positivo como negativos de una y de otra pila, estas conexiones se lleva a cabo a partir del inciso j).



4.6 PRÁCTICA No. 7 LEYES DE KIRCHHOFF Y CIRCUITOS R.C.

Implementar un dispositivo o una protoboard para la conexión del circuito

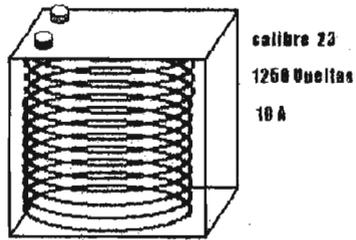


4.7 PRACTICA No.8 CAMPOS MAGNÉTICOS ESTACIONARIOS

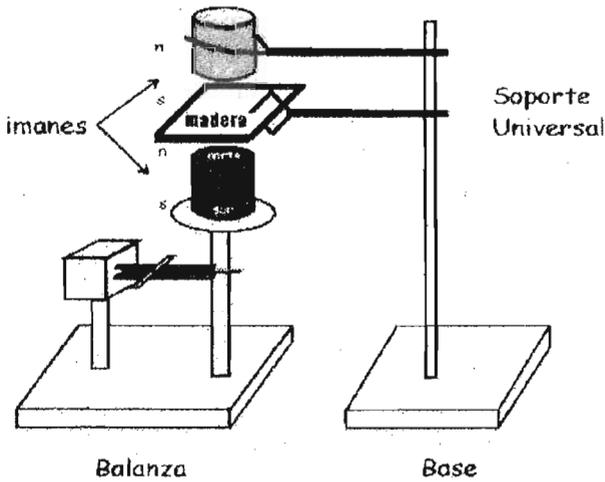
Debido a que las brújulas se magnetizan con facilidad, sugerir a los alumnos que traigan brújulas nuevas de ser posible; para que en el desarrollo de la practica no se presente ningún problema.

Además imantar los imanes con la orientación adecuada antes de llevar a cabo la practica para que así se pueda observar claramente el campo magnético.

Se diseñó una bobina con las siguientes características

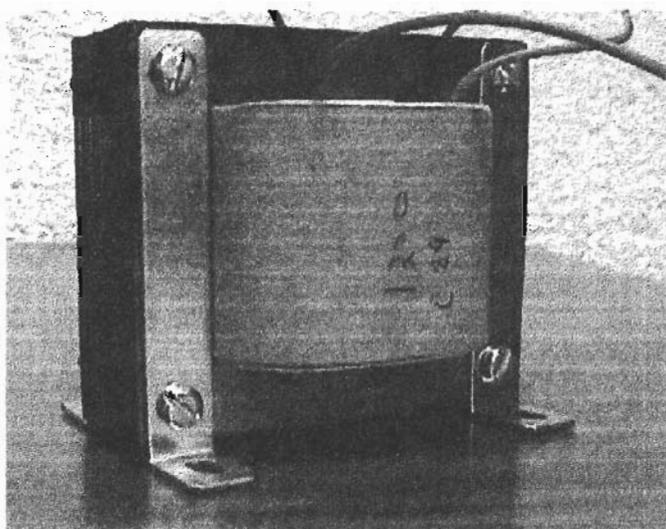
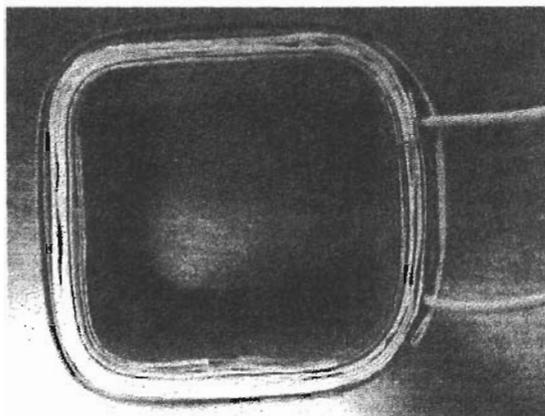


Para el dispositivo de la figura 2.29 de la practica 8 colocar un trozo de madera entre ambos imanes entre cada medición con el fin de evitar el efecto espejo en la medición del peso; sobre todo al estar los imanes mas cerca uno de otro.



4.8 PRACTICA No. 9 LEY DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE FARADAY

Para Llevar acabo el desarrollo de esta practica se tuvieron que realizar las bobinas con el numero de vueltas requeridas para cada una de las bobinas que se piden, ya que en la actualidad no se contaba con ellas. Así mismo elaborarlas de tal forma que se eviten en lo posible las perdidas para el efecto transformador.



APÉNDICE A

CONVERSIONES

Longitud

1 in. = 2.54 cm (definición)
1 m = 39.37 in. = 3.281 ft
1 mi = 5280 ft = 1.609 km
1 km = 0.6215 mi
1 fermi (fm) = 1×10^{-15} m
1 angstrom (Å) = 1×10^{-10} m
1 m náutica = 6076 ft = 1.151 mi
1 unidad astronómica (UA) = 1.4960×10^{11} m
1 año luz = 9.4607×10^{15} m

Area

1 m² = 10^4 cm² = 10.76 ft²
1 ft² = 0.0929 m²
1 in² = 6.452 cm²
1 mi² = 640 acres
1 hectárea = 10^4 m² = 2.471 acre
1 acre = 43560 ft².

Volumen

1 m³ = 106 cm³ = 6.102×10^4 in³
1 ft³ = 1728 in³ = 2.832×10^{-2} m³
1 litro = 103 cm³ = 0.0353 ft³
= 1.0576 US cuarto de gal
1 ft³ = 28.32 litros = 7.481 US gal
= 2.832×10^{-2} m³
1 US gal = 3.786 litros = 231 in.³
1 gal imperial = 1201 US gal = 277.42 in.³

Masa

1 u = 1.6605×10^{-27} kg
1 ton métrica (tonne) = 10^3 kg
1 slug = 14.59 kg
1 ton (avoirdupois) = 907.2 kg

Tiempo

1 d = 24 h = 1.44×10^3 min
= 8.640×10^4 s
1 año = 365.24 d
= 3.156×10^7 s

Fuerza

1 N = 10^5 dina
= 0.2248 lb
1 lb = 4.448 N
El peso de 1 kg es 2.205 lb.

Energía

1 J = 10^7 ergs = 0.7376 ft.lb
1 eV = 1.602×10^{-19} J
1 cal = 4.186 J; 1 Cal = 4186 J
1 kWh = 3.600×10^6 J = 3412 Btu
1 Btu = 252.0 cal = 1055 J
1 u es equivalente a 931.5 Mev

Potencia

1 hp = 550 ft.lb/s = 745.7 W
1 W = 1 J/s = 0.7376 ft.lb/s
1 Btu/h = 0.2931 W

Presión

1 Pa = 1 N/m² = 1.450×10^{-4} lb/in²
1 atm = 760 mm Hg = 1.013×10^5 N/m²
= 14.70 lb/in²
1 bar = 10^5 Pa = 0.9870 atm
1 torr = 1 mm Hg = 133.3 Pa

APÉNDICE B

Cantidad	Símbolo	Valor aproximado	Valor óptimo
Unidad atómica de masa	u	1.661×10^{-27} kg	$1.6605402(10) \times 10^{-27}$ kg
Número de Avogadro	N_A	6.022×10^{23} mol ⁻¹	$6.022 1367(36) \times 10^{23}$ mol ⁻¹
Constante de Boltzmann	$k = R/N_A$	1.381×10^{-23} J/K	$1.380658(12) \times 10^{-23}$ J/K
Constante de la ley de Coulomb	k	9.00×10^9 N m ² /C ²	8.9875518×10^9 N m ² /C ²
Masa del electrón	m_e	9.109×10^{-31} kg	$9.1093897(54) \times 10^{-31}$ kg
Carga elemental	e	1.602×10^{-19} C	$1.60217733(49) \times 10^{-19}$ C
Constante del gas	R	8.314 J/K mol	8.134 510(70) J/K mol
Constante gravitatoria	G	6.672×10^{-11} N m ² kg ⁻²	$6.672 59(85) \times 10^{-11}$ N m ² /kg ²
Constante de permeabilidad	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ H/m	$4\pi \times 10^{-7}$ N/A ² (definición)
Constante de permitividad	ϵ_0	8.854×10^{-12} F/m	$8.8541878... \times 10^{-12}$ C ² /N m ²
Constante de Planck	h	6.626×10^{-34} J s	$6.6260755(40) \times 10^{-34}$ J s
Masa del protón	m_p	1.672×10^{-27} kg	$1.672 623 1(10) \times 10^{-27}$ kg
Velocidad de la luz en el vacío	C	3×10^8 m/s	2.99792458×10^8 m/s (definición)

ABREVIATURAS ESTÁNDAR PARA LAS UNIDADES

Ampere	A	Pulgada	in.
Unidad atómica de masa	u	Joule	J
Atmósfera	atm	Kelvin	K
Unidad térmica británica	Btu	Kilocaloría	kcal
Coulomb	C	Kilogramo	kg
Grado Celsius	°C	Libra	lb
Electronvolt	eV	Metro	m
Grado Fahrenheit	°F	Minuto	min
Farad	F	Mol	mol
Pie	ft	Newton	N
Gauss	G	Ohm	Ω
Gram	g	Pascal	Pa
Henry	H	Segundo	s
Hora	h	Tesla	T
Caballo de vapor	hp	Volt	V
Hertz	Hz	Watt	W
		Weber	Wb

APÉNDICE C

PREFIJOS PARA LAS POTENCIAS DE DIEZ

Potencia	Prefijo	Abreviatura	Potencia	Prefijo	Abreviatura
10^{-18}	ato	a	10^1	deca	da
10^{-15}	femto	f	10^2	hecto	h
10^{-12}	pico	p	10^3	kilo	k
10^{-9}	nano	n	10^6	mega	M
10^{-6}	micro	μ	10^9	giga	G
10^{-3}	mili	m	10^{12}	tera	T
10^{-2}	centi	c	10^{15}	peta	P
10^{-1}	deci	d	10^{18}	exa	E

CONCLUSIONES

Consideramos que con el manual presentado se lograra obtener un beneficio tanto para los profesores como para los alumnos, ya que al llevar acabo la realización de las practicas se analizaron detalladamente, logrando manifestar el por que en algunas practicas no se llega a los resultados teóricos y debido sus deficiencias, tanto en el material como en los instrumentos utilizados. Tomando en cuenta lo anterior se propone una solución en el desarrollo de aquellas prácticas que presentaron errores. Obteniendo un beneficio didáctico para la formación de los alumnos y cumplir con el objetivo de colaborar con el laboratorio de electricidad y magnetismo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Física universitaria
Sears-Zemanzki-Young
6ta Edición
Editorial Addison-Wesley
Iberoamericana
- 2.- Física Tomo II
Resnick Halladay-Krane
4ta Edición
Editorial CECSA
- 3.- Física Tomo II
Buelche
1era Edición
Mc Graw-Hill
- 4.- Física Tomo II
Giancoli
4ta Edición
Editorial Prentice Hall
- 5.- Electricidad y Magnetismo
Jaramillo - Alvarado
2da Edición
Editorial Trillas
- 6.- Electricidad serie 1-7
Harry Mileaf
Edición 1978
Editorial Limusa
- 7.- Física Fundamentos y Aplicaciones
R.M. Eisberg- L.S Lerner
Edición 1981
Editorial McGraw Hill
- 8.- Física Electromagnetismo y Materia
Tomo II
Feynman
Edición 1972
Editorial Fono Educativo
Interamericano
- 9.- Fundamentos de Electricidad y
Magnetismo
Kip
Edición 1982
Editorial McGraw Hill
- 10.- Física "La naturaleza de la cosas"
Vol II
S.M Lea
Edición 1999
Editorial Internacional Thomson
- 11.- Prácticas de laboratorio de
Electricidad y Magnetismo