

Práctica 1. Imanes y electroimanes

Objetivo: Aplicar el concepto de campo y circuito magnético y observar la configuración de las líneas de campo magnético para polaridades aditiva y sustractiva para imanes permanentes y electroimanes.

I. Material

- ✓ 2 imanes permanentes de barra redonda
- ✓ 2 bobinas pequeñas
- ✓ 2 bases para montaje de bobina
- ✓ 2 núcleos corto de hierro
- ✓ brújula
- ✓ limadura de hierro
- ✓ tablero de experimentos
- ✓ bobina oersted
- ✓ 4 cables cortos banana – banana
- ✓ 4 cables cortos banana – caimán
- ✓ 1 cable corto caimán – caimán
- ✓ 1 multímetro.

II. Introducción.

La fuerza misteriosa del magnetismo tiene muchas aplicaciones en la electricidad y la electrónica. Un buen conocimiento de estas fuerzas ayudara a comprender circuitos y maquinas más complejas.

Los primeros imanes descubiertos, hace más de 3000 años, eran curiosidades. Como originalmente se usaban para navegar en el océano, se conocieron como piedras guías. Los imanes naturales se usan poco en la tecnología actual y han sido sustituidos por imanes permanentes artificiales o bien por electroimanes.

Las concentraciones de fuerzas magnéticas en los extremos de un imán se conocen como polos norte y sur. Un polo tiende a señalar al norte magnético de la tierra y arbitrariamente se le ha llamado buscador norte o simplemente polo norte.

El electroimán tiene muchas aplicaciones en el hogar y en la industria. Es un medio eficiente y satisfactorio para convertir energía eléctrica a movimiento mecánico.

Cuando se inserta un núcleo de hierro en una bobina y ésta se activa, se convierte en un electroimán. La intensidad del electroimán depende de la magnitud de la corriente y del número de espiras (vueltas) de alambre en la bobina. Esta intensidad se mide en amperes-vueltas. Los electroimanes tienen muchísimas aplicaciones en la industria. Una de ellas es el control remoto de maquinaria y dispositivos cuando se usa como relevador magnético. Los electroimanes se encuentran en generadores, motores, reguladores, interruptores y muchos otros aparatos que requieren un control eléctrico.

III. Desarrollo de la práctica

Actividad 1. Video sobre imanes permanentes y electroimanes

1. Para apreciar un poco la importancia del magnetismo, se recomienda ver el video sobre imanes permanentes y electroimanes que viene en la bibliografía de esta práctica. El link es el siguiente:

<https://www.youtube.com/watch?v=x-CvmSuixkE&t=2s>

Actividad 2. Imanes permanentes: Un solo imán

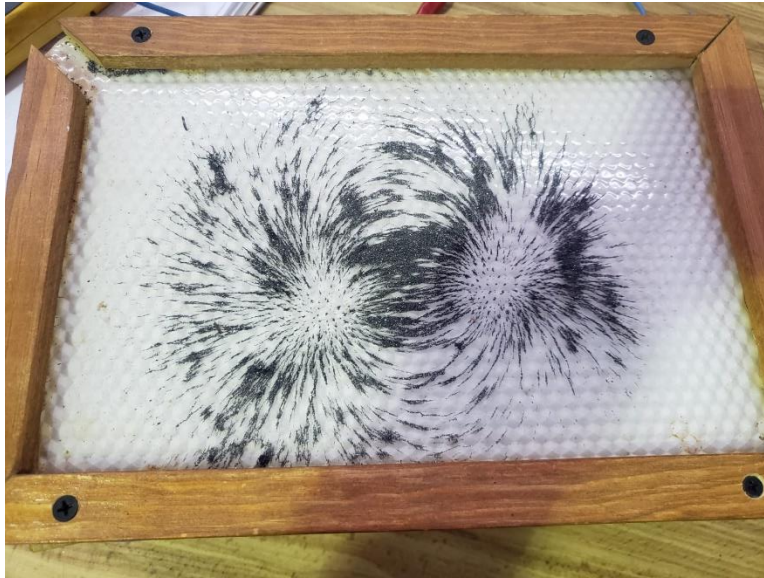


Figura 1. Líneas de campo magnético formadas con limaduras de hierro.

1. Coloca un imán de barra debajo de la mesita que se te proporcionó y esparce limaduras de hierro encima de ella.
2. Golpea ligeramente la mesa para que las limaduras de hierro se alineen con las líneas de campo magnético como se muestra en la Figura 1.
3. Dibuja el patrón formado por las limaduras o toma una fotografía
4. Identifica la polaridad de un imán auxiliándote de una brújula. La aguja de la brújula apunta al norte geográfico (el cual corresponde al sur magnético de la tierra). Si el imán atrae la punta de la aguja de la brújula, entonces ese es el SUR del imán y si por el contrario rechaza la punta de la aguja, entonces ese lado es el NORTE del imán.

Actividad 3. Imanes permanentes: Dos imanes

1. Coloca ahora dos imanes separados cierta distancia (unos 5 cm), de tal manera que el polo norte de uno quede cerca del polo sur del otro.



2. Golpea ligeramente la mesa para que las limaduras de hierro se alineen con las líneas de campo magnético.

3. Dibuja el patrón formado por las limaduras o toma una fotografía
4. Invierte la polaridad de uno de los imanes y repite los pasos 2 y 3.



5. Ahora, junta los imanes en polaridad aditiva y repite los pasos 2 y 3.



Actividad 4. Bobina de oersted



Figura 2. Bobina de Oersted alimentada con 1v y 1A.

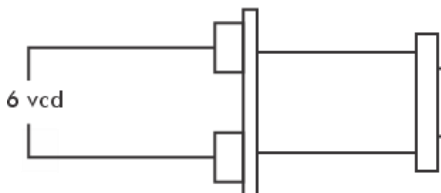
1. Conecta la bobina a una fuente de cd variable (apagada) y asegúrate que esté en 0 volts. Conecta el multímetro para medir el voltaje que le llega a la bobina. Aumenta gradualmente el voltaje hasta ajustarlo a 1 volt de cd.
2. Esparce limaduras de hierro sobre la superficie del módulo de la bobina y golpea ligeramente una esquina del módulo con un lapicero o desarmador.
3. Observa la alineación de las limaduras de hierro. Dibuja la forma que adoptan las limaduras de hierro o toma una fotografía.

Actividad 5. Bobina pequeña



Figura 3. Bobina pequeña alimentada a 6 vcd y su núcleo de hierro, así como su base de montaje.

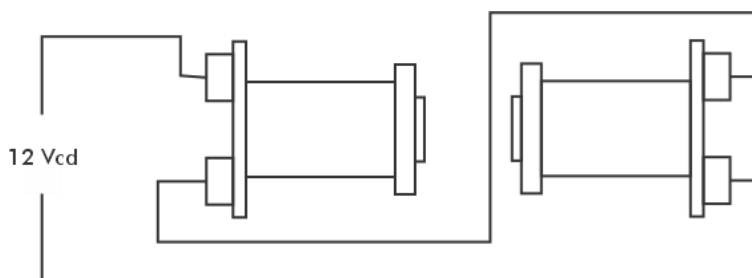
1. Monte una bobina pequeña sobre su base. Coloque el núcleo de hierro y fíjelo. Conecte la bobina a una fuente de 6 vcd.



2. Esparce limaduras de hierro sobre la superficie de la mesita y golpea ligeramente una esquina con un lapicero o desarmador.
3. Observa la alineación de las limaduras de hierro. Dibuja la forma que adoptan las limaduras de hierro o toma una fotografía.
4. Determine la polaridad de este electroimán colocando la brújula cerca de un polo. Haga un diagrama que muestre la polaridad de la tensión de la fuente y la del electroimán. **Advertencia.** No acerque la brújula más de lo necesario.
5. Invierta la polaridad de la bobina y repita los pasos 2, 3 y 4.

Actividad 6. Bobinas en serie aditiva

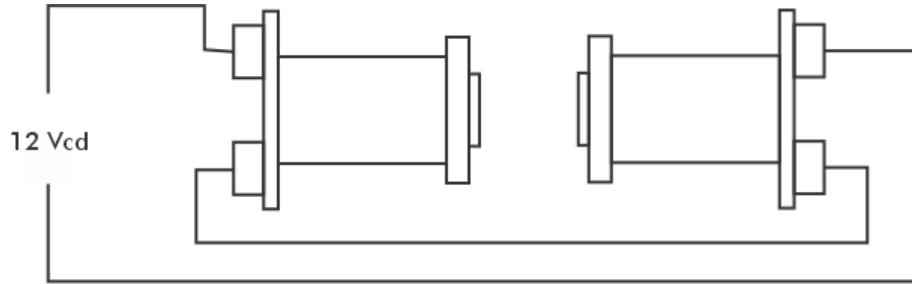
1. Coloca los electroimanes en sus bases en serie aditiva.



2. Esparce limaduras de hierro sobre la superficie de la mesita y golpea ligeramente una esquina con un lapicero o desarmador.
3. Observa la alineación de las limaduras de hierro. Dibuja la forma que adoptan las limaduras de hierro o toma una fotografía.

Actividad 7. Bobinas en serie sustractiva

1. Coloca los electroimanes en sus bases en serie sustractiva.



2. Esparce limaduras de hierro sobre la superficie de la mesita y golpea ligeramente una esquina con un lapicero o desarmador.
3. Observa la alineación de las limaduras de hierro. Dibuja la forma que adoptan las limaduras de hierro o toma una fotografía.

Referencias

1. Samper, G. [@GeovannySamper]. (2011, marzo 19). History Channel - Aplicación de los imanes. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=x-CvmSuixkE>

Práctica 2. Circuitos magnéticos

Objetivo: Que el alumno comprenda el concepto de circuito magnético usando imanes y electroimanes como fuentes de fuerza magnetomotriz.

I. Material

✓	1 multímetro amarillo	✓	1 charola del sistema de experimentos
✓	1 multímetro gris	✓	1 recipiente de vidrio
✓	1 bobina pequeña	✓	1 tablero para experimentos (tablas con velcro)
✓	1 base de bobina pequeña	✓	3 cables cortos banana – banana
✓	1 núcleo corto de hierro	✓	3 cables cortos banana – caimán
✓	1 núcleo largo de hierro	✓	1 regla de 30 cm
✓	1 varilla de soporte	✓	1 bobina de Thompson con anillo de aluminio y bobinas con focos
✓	1 espaciador roscado	✓	Piezas de circuitos magnéticos
✓	Clavos de hierro pequeños (20 aprox.)	✓	Transformador E-I con dos bobinas amarillas
✓	1 placa base		

II. Introducción.

Un imán usado como aguja en una brújula, es uno relativamente débil. Por otra parte, los imanes grandes que se usan en industrias son capaces de levantar muchos miles de kilogramos. Como las fuerzas del magnetismo se usan mucho en electricidad y electrónica, es conveniente conocer sus propiedades. Algunos materiales son magnéticos por naturaleza, por lo general aquellos que están compuestos de hierro. Un imán puede atraerlos. Por otra parte, la mayoría de los materiales, como por ejemplo el latón, el cobre y el aluminio son no magnéticos o antimagnéticos. Los materiales difieren también en cuanto a su capacidad de soportar o conducir un campo magnético. La fuerza de un imán es una indicación de la densidad del campo magnético o flujo.

Un circuito magnético es un camino donde las líneas de fuerza del campo magnético siguen una trayectoria cerrada, generalmente a través de un núcleo ferromagnético que guía el flujo. El núcleo concentra el flujo magnético, minimizando la pérdida al aire. En muchos núcleos reales hay entrehierros de aire, que, a pesar de ser pequeños, tienen reluctancia alta, ya que el aire tiene permeabilidad baja. Su presencia puede dominar la reluctancia total, afectando el flujo magnético. El tratamiento del entrehierro requiere calcular la reluctancia del aire por separado y sumarla (en serie) con la del núcleo ferromagnético para hallar la FMM necesaria.

Los circuitos magnéticos son fundamentales en:

- Transformadores
- Motores eléctricos
- Relés e interruptores automáticos
- Electroimanes

En seguida se muestran algunas partes de circuitos magnéticos disponibles en el laboratorio de ingeniería eléctrica.



III. Desarrollo de la práctica

Experimento 1.

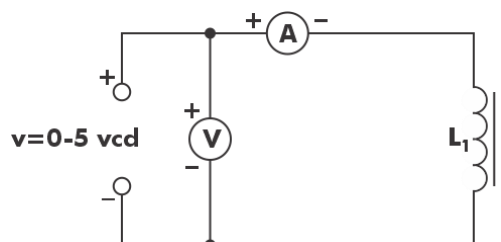
1. Conecte la bobina, sin núcleo, a la fuente de energía. Mantenga la bobina sobre los clavos de hierro y aumente gradualmente la tensión a 5 volts de cd. ¿Tiene la bobina la tracción suficiente para atraer los clavos? _____
2. La permeabilidad (μ) del núcleo (aire) del experimento 1, es aproximadamente 1. Explique la fuerza de atracción en función de la permeabilidad. _____

3. Inserte el núcleo de hierro en la bobina y fíjelo. Repita el experimento del punto 1. ¿Recoge el electroimán a los clavos? _____ ¿A cuántos? _____. Compare los resultados con los obtenidos en el punto 1.

4. Explique la diferencia en la intensidad de los electroimanes de los experimentos 1 y 3, en función de la permeabilidad.

Experimento 2.

La intensidad de los electroimanes se expresa en NI o Ampers-vueltas. Como la bobina tiene un número fijo de vueltas, su intensidad variará en proporción a la corriente que la atraviesa. Arme el circuito de la figura siguiente.

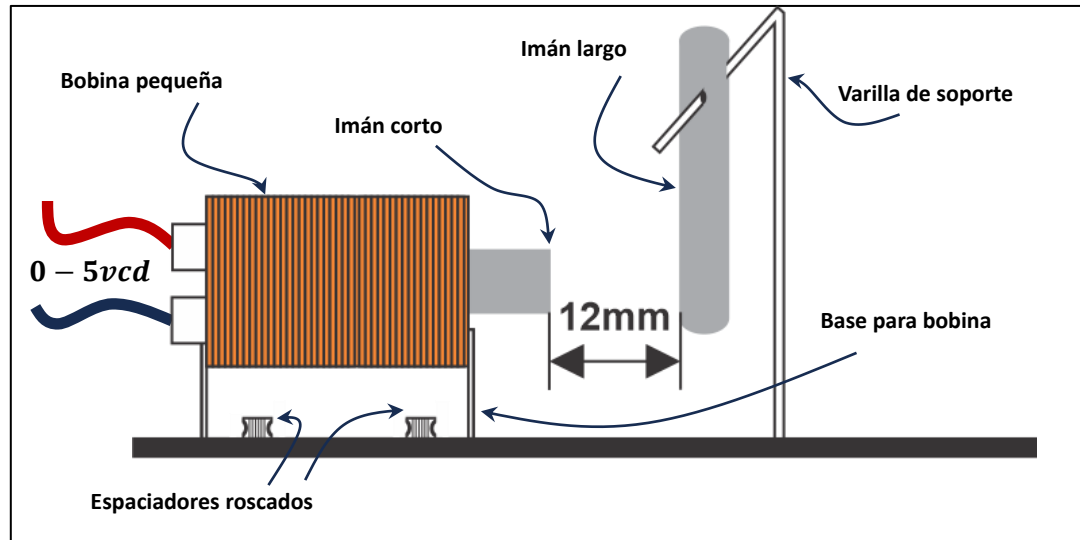


Deberá variar el voltaje según se indica en la tabla y medir la corriente y escribir el número de clavos que el electroimán es capaz de levantar.

Voltaje de alimentación	Corriente medida	Número de clavos levantados
0.5 v		
1 v		
5 v		

Experimento 3.

1. Sujete la base de la bobina, el espaciador roscado y la varilla de soporte a la placa base. Suspenda el núcleo largo de hierro de la varilla de soporte, como se muestra en la figura siguiente.



Asegúrese de que el núcleo corto de hierro quede a unos 12mm de distancia al imán largo y fíjelo en esa posición. Conecte la bobina a una fuente de voltaje variable y comience a aumentar el voltaje hasta que el núcleo largo de hierro sea atraído (ambos núcleos deben hacer contacto entre sí). Repita el experimento para 25mm y 38mm y llene la siguiente tabla

Distancia	Corriente	Voltaje	Potencia ($V * I$)
12mm			
15mm			
18mm			

- Manteniendo la separación de 12mm entre los núcleos de hierro, coloque el recipiente de vidrio bajo el núcleo largo, de manera que el recipiente de vidrio quede ubicado entre ambos núcleos. Aumente cuidadosamente la corriente de la bobina hasta que el núcleo largo sea atraído hacia el electroimán.

Corriente requerida: _____

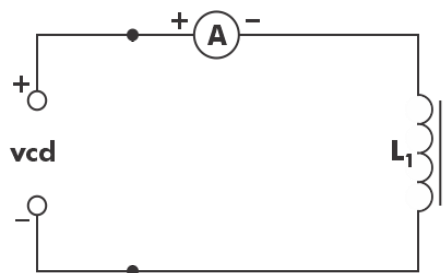
- Repita el paso anterior, pero ahora con otro material que encuentre disponible y que no sea magnético. Puede ser la regla de 30 cm .

¿El vidrio y el plástico son blindajes efectivos contra el magnetismo?, ¿Por qué?

Experimento 4.

1. Conecte la bobina AMARILLA primaria del transformador **E-I** (nombrado así por la forma que tienen las dos partes que componen al núcleo, una en forma de E y otra en forma de I) que se le proporcionó. Conecta la otra bobina AMARILLA como secundario. En este experimento sólo asegúrate de medir la corriente y no rebasar los valores que indica cada bobina. En la siguiente tabla se muestra el número de vueltas y la corriente máxima que soportan. Primero usa cd y después ca.

Bobina	# de vueltas	Corriente máxima
Naranja	600	0.2 A
Amarilla	300	0.5 A
Azul	200	0.3 A



Corriente directa		Corriente alterna	
Corriente máxima	0.5 A	Corriente máxima	0.5 A
Voltaje del secundario		Voltaje del secundario	

2. ¿Qué puedes concluir de este experimento?

IV. Investigar

- ¿Qué es la permeabilidad magnética y su símbolo (letra griega)?
- Materiales ferromagnéticos, diamagnéticos y paramagnéticos
- ¿Existe algún blindaje efectivo contra la influencia del magnetismo?
- ¿Cómo puede protegerse un instrumento o medidor de un campo magnético?
- ¿Cómo varía la fuerza magnética según la distancia a un polo magnético?
- ¿En qué unidades se mide la fuerza magnética?

Práctica 3. Inductancia

Objetivo: Conocer los efectos de la inductancia en un circuito eléctrico de CD y CA

I. Material

- | | |
|--------------------------------|--|
| ✓ 1 multímetro | ✓ lámpara de neón (LP_2) |
| ✓ 1 bobina grande | ✓ conductor cal. 28 |
| ✓ 2 bobinas pequeñas | ✓ placa base |
| ✓ 2 bases de bobinas | ✓ tablero para experimentos (Mesa pequeña) |
| ✓ 1 núcleo largo de hierro | ✓ Rejilla de alambre y cable |
| ✓ 1 núcleo corto de hierro | ✓ 2 cables cortos banana-banana |
| ✓ 1 interruptor UPUT | ✓ 2 cables cortos banana-caimán |
| ✓ 1 lámpara de neón (LP_1) | ✓ 3 cables cortos caimán-caimán |
| ✓ 1 lámpara incandescente | |

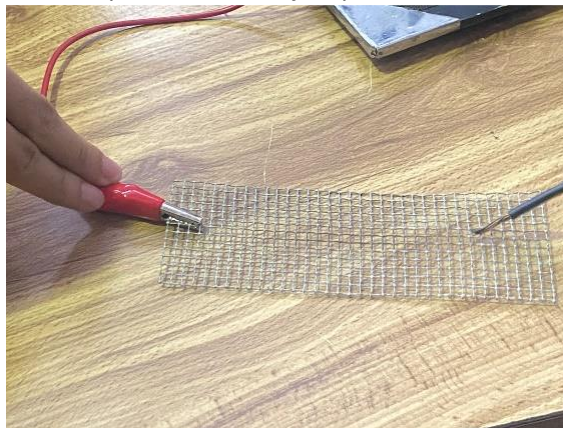
II. Introducción.

Los fenómenos de autoinducción han sido ampliamente investigados. Un valor cambiante de corriente en una bobina, induce una fuerza contraelectromotriz que se opone al cambio de la corriente. Esta es una forma de enunciar la ley de Lenz.

En circuitos de cd, el efecto de la autoinductancia es más pronunciado cuando hay un cambio súbito en el valor de la corriente, como por ejemplo en el momento de conectar o desconectar el circuito. En un circuito de ca, la corriente está cambiando constantemente de valor y una fuerza electromotriz está presente continuamente, la cual se opone a la tensión aplicada por la fuente, así como a la corriente. La inductancia se puede definir como la propiedad de un circuito que se opone a un cambio en el flujo de la corriente.

III. Desarrollo de la práctica

1. Conecta una terminal de la fuente de energía de 5 vcd a la rejilla de alambre. Conecta otro cable a la otra terminal de la fuente de energía y en el extremo de este cable abre los hilos del conductor y frótalos contra la superficie de la rejilla para observar las chispas que emite.

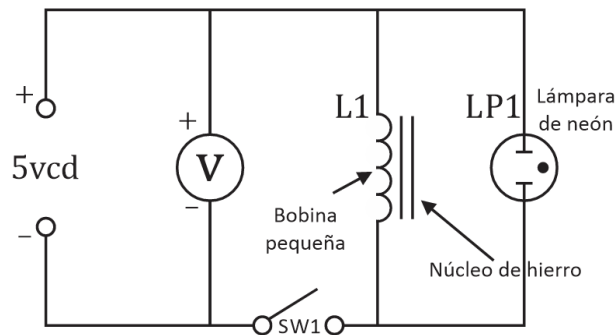


2. Fija la montura de la bobina a la placa base. Coloca la bobina pequeña en su base, con un núcleo corto de hierro insertado y bien sujeto y conéctala en serie con el conductor cableado del punto

anterior y frota nuevamente las puntas del cable contra la superficie de la lima. Compara las chispas con las que observaste en el experimento anterior. ¿Cuál es el efecto que se produce al agregar la bobina? ADVERTENCIA. No toque la bobina durante este experimento.

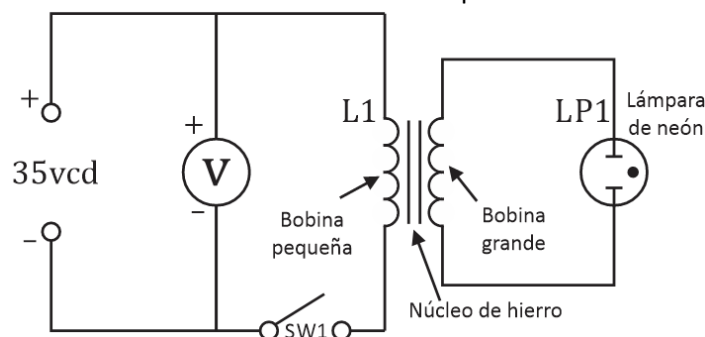
Mueve el núcleo de la bobina hasta la mitad y repite el experimento del paso 2. Describe lo que ocurre.

3. Coloca nuevamente el núcleo de hierro corto dentro la bobina y conéctala como en la siguiente figura.



Observa cuidadosamente lo que ocurre con la lámpara de neón cuando se cierra el interruptor y cuando se abre. Describe lo que ocurre y explica la razón.

4. Coloque la bobina grande con las terminales hacia arriba y alejándose de las terminales de la bobina pequeña, sobre esta última. Alámbralo el circuito que se muestra a continuación



Ajusta la fuente variable de cd a 35v con el interruptor abierto. Después ciérralo. ¿Se enciende la lámpara? Explique

NOTA: Deja el interruptor cerrado sólo por unos segundos necesarios para el ajuste de la tensión al valor más alto, ya que las bobinas pueden sobrecalentarse.

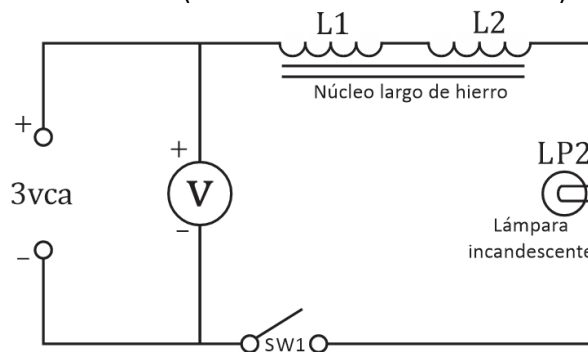
5. ¿Permanece encendida la lámpara de neón? Explique

6. Abre el interruptor. ¿Qué ocurre?

¿Se observa un efecto mayor cuando el interruptor se cierra o cuando se abre? Explique

Reduce gradualmente la tensión hasta que la lámpara relampaguee solamente cuando se abra el interruptor. ¿Qué hecho se prueba con este experimento?

7. Coloca las dos bobinas pequeñas con sus monturas. No uses la placa base. Inserta el núcleo largo de hierro a través de las dos bobinas (con las terminales hacia afuera).



La inductancia total es la suma de las inductancias individuales más dos veces la inductancia mutua. Escribe la fórmula para una serie aditiva

$$L_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

Nota: El circuito indica Inicia en 0 *vca*, pero aumenta gradualmente el voltaje hasta lograr que la lámpara incandescente encienda (trata de no rebasar los 5v en las terminales de la lámpara). Cuando las bobinas están en serie aditiva se ocupan aproximadamente 20 *vca* para lograr que la lámpara encienda, mientras que cuando están en serie sustractiva se requieren aproximadamente 8 *vca*.

8. Invierte las conexiones de una bobina, de manera que los campos magnéticos estén en oposición. Observe la brillantez de la lámpara. ¿Qué conclusión se puede sacar de los puntos 7 y 8?

Escriba la fórmula que señala la inductancia total en un circuito en serie y a la vez con bobinas en oposición.

$$L_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

9. Separe las bobinas, pero que aún queden sobre el núcleo. Observe la brillantez de la lámpara. ¿Aumenta o disminuye la inductancia mutua?

10. Retire el núcleo de las bobinas y observe la brillantez de la lámpara. ¿Qué factor ha sido cambiado en los experimentos 9 y 10 que cambia la inductancia mutua de las bobinas?

IV. Investigar

1. Una bobina con una inductancia de 8 H , se conecta en serie aditiva con una inductancia de 4 H . El factor de acoplamiento es 0.5. ¿Cuál es la inductancia total?
2. Las mismas bobinas del ejercicio anterior se conectan en serie sustractiva, ¿cuál es la inductancia total?
3. Enuncie la ley de Lenz
4. ¿Tiene un núcleo de hierro influencia sobre la inductancia de la bobina? Explique

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica

VI. Cita las referencias utilizadas

Práctica 4. Reactancia inductiva

Objetivo: Que el alumno compruebe que la Inductancia conduce a en un circuito de CA al parámetro Reactancia Inductiva.

I. Material

✓	1 multímetro	✓	1 resistencia de $3.3k\Omega$, 1w
✓	1 generador de señales	✓	Tablero para experimentos
✓	2 bobinas pequeñas	✓	Transportador
✓	2 bases de bobinas	✓	Papel cuadriculado
✓	1 núcleo largo de hierro	✓	2 cables banana – banana
✓	1 placa base	✓	4 cables caimán – banana
✓	1 lámpara miniatura	✓	4 cables caimán – caimán
✓	1 bobina de $10mH$	✓	1 osciloscopio

II. Introducción.

Uno de los físicos americanos, Joseph Henry (1797-1878), es recordado por sus investigaciones científicas sobre autoinducción. Fue también secretario del Instituto Smithsonian y fundó la Oficina Meteorológica de los Estados Unidos. La unidad de la inductancia, el HENRY, se llama así en su honor.

El objeto de este experimento es familiarizar al estudiante con la reactancia inductiva y su propiedad de oposición al flujo de una corriente alterna. La reactancia se mide en ohms. El experimento demostrará, también, que la resistencia y la reactancia se suman vectorialmente para formar una impedancia total (Z) del circuito. Según la fórmula, la reactancia inductiva tiene un valor en proporción directa a la frecuencia de la corriente alterna y la magnitud de la inductancia.

$$X_L = 2\pi fL \Omega$$

Donde f está en Hertz y L está en Henrys.

III. Desarrollo de la práctica

1. Coloque una bobina sin núcleo sobre su montura y sobre la placa base y conéctela en serie con la lámpara miniatura a una fuente de ca . Ajuste la tensión a $5vca$ y observe la brillantez de la lámpara.
2. Inserte el núcleo largo de hierro en la bobina, con la lámpara encendida. Observe cuidadosamente el cambio en la brillantez de la lámpara.
¿La luz de la lámpara se vuelve más o menos brillante?

¿Por qué cambia la intensidad del brillo de la lámpara?

3. Desconecte la fuente de ca . Retire el núcleo de la bobina. Conecte la bobina a la fuente de cd y ajústela a $5 vcd$, luego observe el brillo de la lámpara. Inserte ahora el núcleo a la bobina con la lámpara encendida. ¿Cambia la brillantez de la lámpara?

¿Qué conclusiones puedes sacar de los resultados de los experimentos 2 y 3?

4. Desconecte la fuente de energía y retire el núcleo de hierro de la bobina. Coloque otra bobina en su montura sobre la placa base y conéctela en serie con la primera, en lugar de la lámpara miniatura. Con la fuente ajustada a 15vcd mida la tensión en cada bobina.

Tensión en la primera bobina	
Tensión en la segunda bobina	

¿Da su suma la tensión de la fuente?

5. Desconecte la fuente de cd y conecte las bobinas en serie a una fuente de ca . Con la fuente ajustada a 15vca , mida la tensión en cada bobina.

Tensión en la primera bobina	
Tensión en la segunda bobina	

¿Da su suma la tensión de la fuente?

6. Inserte ahora el núcleo largo de hierro a través de la bobina original, reajustando la fuente de tensión a 15vca , si es necesario, y mida nuevamente las tensiones en cada bobina.

Tensión en la primera bobina	
Tensión en la segunda bobina	

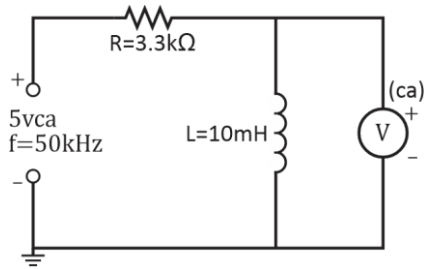
¿Da su suma la tensión de la fuente? _____

¿Si su respuesta fue no, a qué se debe?

Repita el experimento, pero insertando ahora el núcleo largo de hierro solo a través de la segunda bobina y observando si las magnitudes de la tensión se invierten en las bobinas.

7. Conecte la bobina de 10mH y la resistencia de $3.3\text{K}\Omega$ en serie con la salida del generador de señales. Ajuste este último a 50kHz y 5vca . Mida la tensión en R y en L . NOTA: asegúrese de que observa la marca GND (tierra) cuando conecta el multímetro.

Tensión en la resistencia E_R	
Tensión en la bobina E_L	



8. Calcule la corriente del circuito, utilizando la tensión en la resistencia E_R medida anteriormente y con ayuda de la ley de Ohm.

$$I = \frac{E_R}{R} = \text{_____} = \text{_____ A}$$

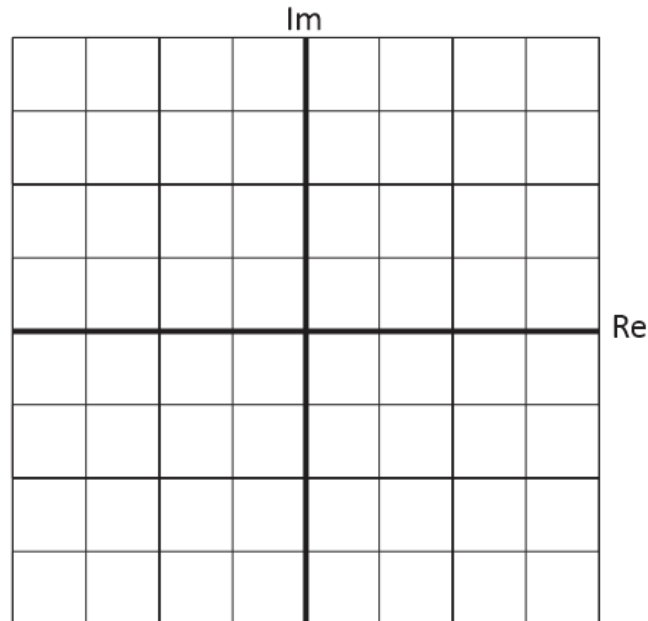
9. ¿Cuál es la magnitud de la impedancia Z en Ω ?

$$Z = \frac{5 \text{ v}}{I} = \text{_____} = \text{_____ } \Omega$$

10. Calcule el valor de X_L usando $L = 10 \text{ mH}$ y $f = 50 \text{ kHz}$

$$X_L = 2\pi fL = \text{_____} = \text{_____ } \Omega$$

11. Dibuje un diagrama vectorial en papel cuadrulado, usando $R = 3.3 \text{ k}\Omega$ y X_L calculado en el punto anterior. En este diagrama vectorial encuentre la magnitud de Z .



$$|Z| = \text{_____ } \Omega$$

Compare la $|Z|$ encontrada en este punto, con la encontrada en el punto 9.

12. Con un transportador mida el ángulo θ en el diagrama vectorial y también encuéntralo por trigonometría.

$$\theta_{\text{medido}} = \text{_____}$$

$$\theta_{\text{calculado}} = \text{_____}$$

13. Utilice el mismo circuito del punto 7 y registre los valores medidos para las siguientes frecuencias.

$E_{\text{generador}} = 5\text{vca}, \quad R = 3.3\text{k}\Omega, \quad L = 10\text{mH}$					
Frecuencia	X_L calculada	E_R medido	E_L medido	I calculada	Z calculada
10kHz					
50kHz					
100kHz					

IV. Investigar

De acuerdo a lo observado en los experimentos realizados responda **aumenta o disminuye**, para el circuito RL que hemos utilizado.

1. Al aumentar la frecuencia, X_L _____
2. Al disminuir la frecuencia, X_L _____
3. Al disminuir la frecuencia, E_L _____
4. Al aumentar la frecuencia, θ _____
5. Al disminuir la frecuencia, Z _____
6. Al disminuir la frecuencia, θ _____
7. Al aumentar la inductancia, X_L _____
8. Al disminuir la inductancia, Z _____

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica

VI. Cita las referencias utilizadas

Práctica 5. Transformadores

Objetivo: Que el alumno compruebe que la Inductancia conduce a en un circuito de CA al parámetro Reactancia Inductiva.

I. Material

- | | |
|----------------------------|--|
| ✓ 1 multímetro | ✓ 2 cables banana – banana |
| ✓ 2 bobinas pequeñas | ✓ 4 cables caimán – banana |
| ✓ 2 bases de bobinas | ✓ 1 osciloscopio |
| ✓ 1 núcleo largo de hierro | ✓ Transformador E-I con 2 bobinas amarillas, |
| ✓ Transformador 127v – 12v | 1 naranja y 1 azul |

II. Introducción.

Un transformador es un dispositivo que se usa para transferir energía eléctrica de un circuito a otro. Transforma la energía eléctrica disponible a niveles de tensión y corriente requeridos para la operación de otro dispositivo o circuito.

Básicamente, un transformador consiste de dos o más bobinas de alambre, devanados sobre un núcleo común de hierro laminado, de manera que el acoplamiento entre las bobinas se acerca a la unidad. El primer devanado o devanado de entrada, recibe el nombre de primario. El segundo devanado o devanado de salida, recibe el nombre de secundario. La energía en el secundario es el resultado de la inducción mutua entre los devanados secundario y primario.

III. Desarrollo de la práctica

1. Ensamble las dos bobinas pequeñas sobre las monturas. No use la placa base. Inserte el núcleo largo de hierro a través de las dos bobinas y sujételo de manera que éstas estén tan cerca como sea posible. Conecte una de las bobinas a la fuente de **5vcd**. Conecte el voltímetro en las terminales de la segunda bobina en la **escala de cd**. Cierre el interruptor durante algunos segundos y anote la lectura obtenida: _____. Abra el interruptor y anote nuevamente la lectura obtenida: _____. Explique lo que ocurre: _____

2. Desconecte la fuente de cd y conecte ahora una de 5vca. Cierre el interruptor y anote la lectura obtenida: _____. ¿Porqué aparece una tensión en las terminales de la segunda bobina? _____

La bobina del primario y del secundario tienen el mismo número de vueltas, entonces, $v_p = v_s$, ¿se cumple esto en el experimento 2.?. Explique _____

Nota: No necesariamente van a ser iguales, debido a que no tienen exactamente el mismo número de vueltas.

3. Separe las dos bobinas, deslizándolas hacia los extremos del núcleo. ¿Se observa algún cambio en el voltaje del secundario? _____ Explique _____

4. Quite totalmente el núcleo de las bobinas y observe el nuevamente el voltaje en el secundario. ¿Porqué cambia el voltaje a este valor _____

5. En este experimento utilizará el transformado E-I que se te proporcionó. Realice las siguientes conexiones:

Primario	# de vueltas	Secundario	# de vueltas	Voltaje del primario	Voltaje del secundario calculado
Amarilla	300	Amarilla	300	5vca	
Amarilla	300	Naranja	600	5vca	
Amarilla	300	Azul	200	5vca	



Alimenta el primario en todos los casos con 5vca y realiza la medición del voltaje en el secundario para las combinaciones dadas en la tabla anterior. Calcule el voltaje del secundario con la siguiente ecuación

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Donde V_p es el voltaje en el primario, V_s es el voltaje en el secundario, N_p es el número de vueltas del primario y N_s es el número de vueltas del secundario.

6. Ahora energice el primario y mida el voltaje en el secundario.

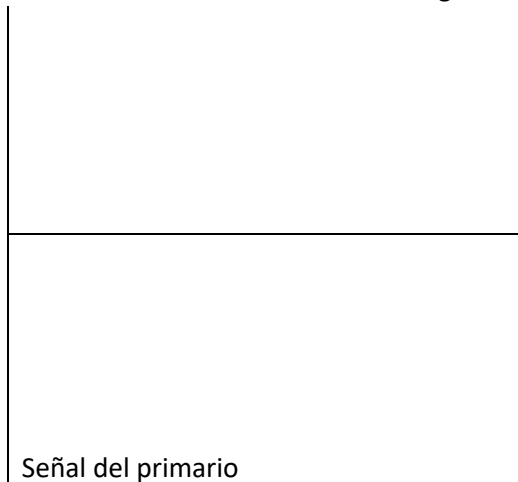
Primario	# de vueltas	Secundario	# de vueltas	Voltaje del primario	Voltaje del secundario medido
Amarilla	300	Amarilla	300	5vca	
Amarilla	300	Naranja	600	5vca	
Amarilla	300	Azul	200	5vca	

¿Son iguales los voltajes medidos y calculados en el secundario? _____

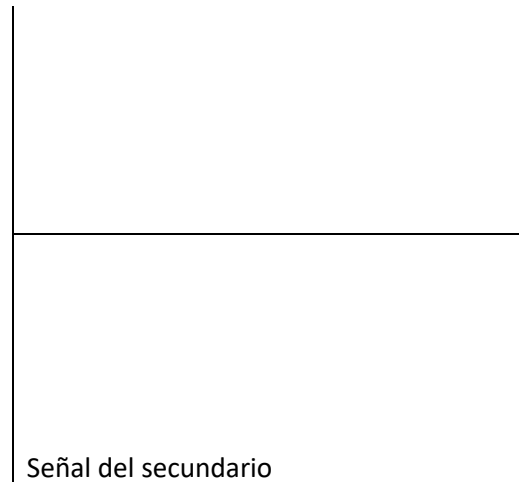
Para el caso donde el primario es la bobina amarilla y el secundario es la bobina naranja, ¿qué tipo de transformador es?

7. Coloque ahora como primario la bobina naranja y como secundario la bobina amarilla. Alimente el primario con 5vca, mida el voltaje en el secundario. ¿Qué tipo de transformador es este?

8. Con la conexión del punto anterior, utilice el osciloscopio para visualizar 3 ciclos del voltaje del primario en el canal A y con el canal B visualice 3 ciclos del voltaje del secundario. Dibuje las señales observadas o anexe una imagen.



Señal del primario



Señal del secundario

IV. Investigar

- De qué principio básico depende la operación de un transformador
- Un transformador tiene un primario con 200 vueltas y un secundario con 1000 vueltas. ¿Cuál es su relación de vueltas?
- Si se aplican 100vca al transformador de la pregunta anterior. ¿cuál es el voltaje en el secundario teórico?
- Se trata de un transformado reductor o elevador.

5. Con una carga de 1000Ω conectada al secundario de este transformador, calcule la corriente del secundario I_s
6. Calcule la I_p del primario
7. Calcule la potencia del secundario
8. Calcule la potencia del primario
9. De las ecuaciones siguientes, marque las que son correctas y las que son incorrectas.

$I_p = \frac{I_s N_s}{N_p}$	
$I_p = \frac{N_p}{I_s I_p}$	
$P_s = I_p E_p$	
$P_p = P_s$	
$I_p E_p = I_s I_p$	
$I_p I_s = \frac{N_s}{N_p}$	
$I_p N_p = I_s N_s$	

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica

VI. Cita las referencias utilizadas

Práctica 6. Circuitos RL

Objetivo: Que el alumno arme un circuito serie y paralelo RL y que efectué mediciones de V , I para comprobar las leyes de Kirchhoff en circuitos de CA y establezca la diferencia respecto a los circuitos de CD.

I. Material

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| ✓ 1 multímetro | ✓ 2 cables banana – banana |
| ✓ 2 bobinas pequeñas | ✓ 4 cables caimán – banana |
| ✓ 2 bases de bobinas | ✓ 1 osciloscopio |
| ✓ 1 núcleo largo de hierro | |

II. Introducción.

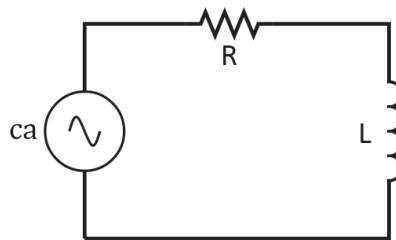
Circuito RL en serie. Un circuito RL en serie consta de un resistor y un inductor conectados en serie a una fuente de voltaje, que en esta práctica será de corriente alterna. En un circuito RL en serie, la corriente fluye a través de ambos elementos en secuencia. La magnitud de la impedancia total Z en este circuito se calcula como la suma vectorial de la resistencia R y la reactancia inductiva X_L de la bobina, donde X_L depende de la frecuencia de la CA y de la inductancia L :

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

La reactancia inductiva es proporcional a la frecuencia y a la inductancia

$$X_L = 2\pi fL$$

La caída de voltaje en el resistor y la bobina se rige por la Ley de Ohm, donde $V = IZ$.



La corriente en un circuito RL en serie está en fase con el voltaje en el resistor y desfasada 90 grados detrás del voltaje en la bobina debido a la naturaleza inductiva de la bobina.

La corriente tota

Circuitos RL en paralelo. Un circuito RL en paralelo consta de un resistor y una bobina conectados en paralelo a una fuente de corriente alterna. En este caso, la corriente se divide entre el resistor y la bobina. La impedancia total se calcula como

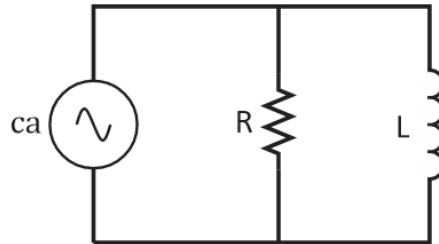
$$Z_T = \frac{RZ_L}{R + Z_L}$$

Donde $Z_L = X_L i = 2\pi fLi$ es la impedancia del inductor

La corriente total I en un circuito RL en paralelo se divide en dos: una que fluye a través del resistor y otra a través de la bobina. La magnitud de la corriente total se determina por la Ley de Ohm como

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

En un circuito RL en paralelo, la corriente en el resistor está en fase con el voltaje, mientras que la corriente en la bobina está desfasada 90 grados detrás del voltaje debido a su naturaleza inductiva.



III. Desarrollo de la práctica

Experimento 1.

1. Arme el circuito RL en serie de la figura siguiente
2. Arme el siguiente circuito RL en serie y mida el voltaje en la resistencia y en el inductor. Alimente el circuito con 10 vac .

$$V_R = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. _____
4. Desconecte la fuente de cd y conecte ahora una de 5vca. Cierre el interruptor y anote la lectura obtenida: _____. ¿Porqué aparece una tensión en las terminales de la segunda bobina?

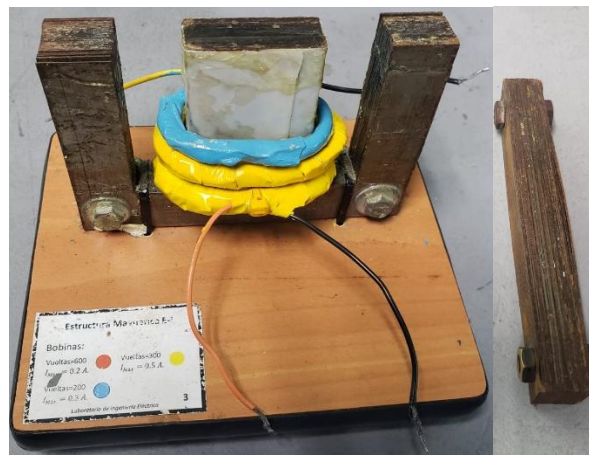
La bobina del primario y del secundario tienen el mismo número de vueltas, entonces, $v_p = v_s$, ¿se cumple esto en el experimento 2.?. Explique

Nota: No necesariamente van a ser iguales, debido a que no tienen exactamente el mismo número de vueltas.

5. Separe las dos bobinas, deslizándolas hacia los extremos del núcleo. ¿Se observa algún cambio en el voltaje del secundario? Explique

6. Quite totalmente el núcleo de las bobinas y observe el nuevamente el voltaje en el secundario. ¿Porqué cambia el voltaje a este valor _____
7. En este experimento utilizará el transformado E-I que se te proporcionó. Realice las siguientes conexiones:

Primario	# de vueltas	Secundario	# de vueltas	Voltaje del primario	Voltaje del secundario calculado
Amarilla	300	Amarilla	300	5vca	
Amarilla	300	Naranja	600	5vca	
Amarilla	300	Azul	200	5vca	



Alimenta el primario en todos los casos con 5vca y realiza la medición del voltaje en el secundario para las combinaciones dadas en la tabla anterior. Calcule el voltaje del secundario con la siguiente ecuación

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Donde V_p es el voltaje en el primario, V_s es el voltaje en el secundario, N_p es el número de vueltas del primario y N_s es el número de vueltas del secundario.

8. Ahora energice el primario y mida el voltaje en el secundario.

Primario	# de vueltas	Secundario	# de vueltas	Voltaje del primario	Voltaje del secundario medido
Amarilla	300	Amarilla	300	5vca	

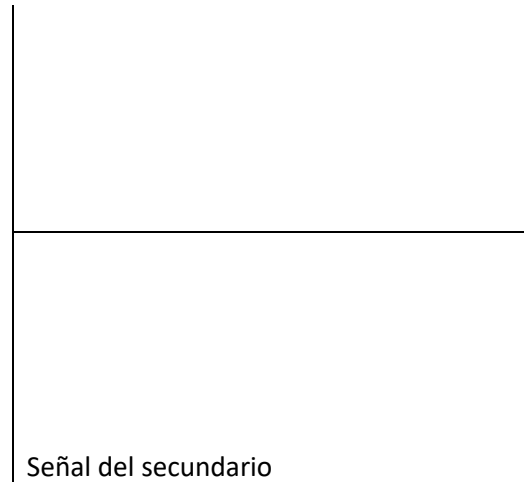
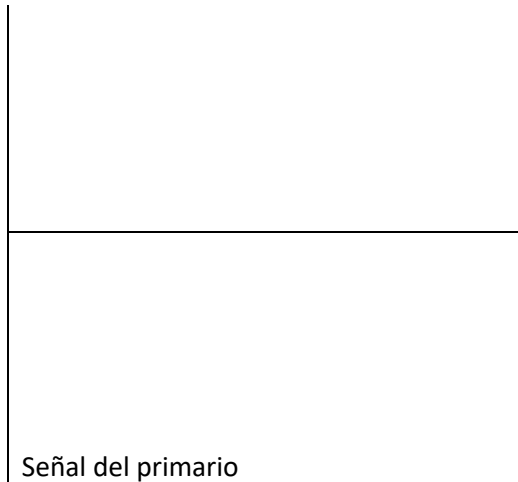
Amarilla	300	Naranja	600	5vca	
Amarilla	300	Azul	200	5vca	

¿Son iguales los voltajes medidos y calculados en el secundario? _____

Para el caso donde el primario es la bobina amarilla y el secundario es la bobina naranja, ¿qué tipo de transformador es?

9. Coloque ahora como primario la bobina naranja y como secundario la bobina amarilla. Alimente el primario con 5vca, mida el voltaje en el secundario. ¿Qué tipo de transformador es este?

10. Con la conexión del punto anterior, utilice el osciloscopio para visualizar 3 ciclos del voltaje del primario en el canal A y con el canal B visualice 3 ciclos del voltaje del secundario. Dibuje las señales observadas o anexe una imagen.



IV. Investigar

1. De qué principio básico depende la operación de un transformador
2. Un transformador tiene un primario con 200 vueltas y un secundario con 1000 vueltas. ¿Cuál es su relación de vueltas?
3. Si se aplican 100vca al transformador de la pregunta anterior. ¿cuál es el voltaje en el secundario teórico?
4. Se trata de un transformado reductor o elevador.
5. Con una carga de 1000Ω conectada al secundario de este transformador, calcule la corriente del secundario I_s
6. Calcule la I_p del primario
7. Calcule la potencia del secundario

8. Calcule la potencia del primario
9. De las ecuaciones siguientes, marque las que son correctas y las que son incorrectas.

$I_p = \frac{I_s N_s}{N_p}$	
$I_p = \frac{N_p}{I_s I_p}$	
$P_s = I_p E_p$	
$P_p = P_s$	
$I_p E_p = I_s I_p$	
$I_p I_s = \frac{N_s}{N_p}$	
$I_p N_p = I_s N_s$	

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica

VI. Cita las referencias utilizadas

Práctica 7. Motor de CD

Objetivo: El alumno manejará de forma intuitiva la aplicación de los conceptos anteriormente vistos para comprender y analizar el principio de operación de un motor de CD.

I. Material

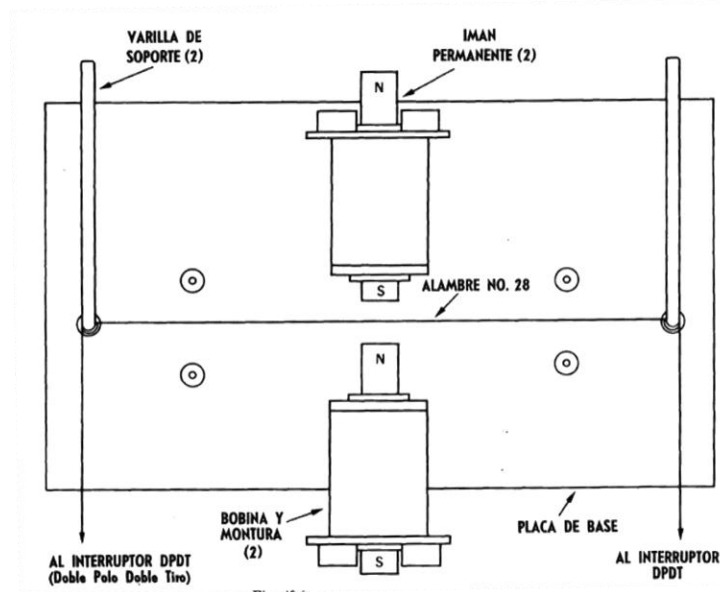
✓	2 multímetros	✓	1 placa base
✓	2 bases de bobinas	✓	1 interruptor DPDT
✓	2 bobinas pequeñas	✓	1 interruptor UPUT
✓	2 imanes permanentes de barra cilíndrica	✓	Material para motor de cd
✓	2 espaciadores roscados	✓	60 cm de alambre magneto cal. 28
✓	1 brújula	✓	4 cables c – b, 4 c – c, 2 b – b cortos
		✓	Brújula

II. Introducción.

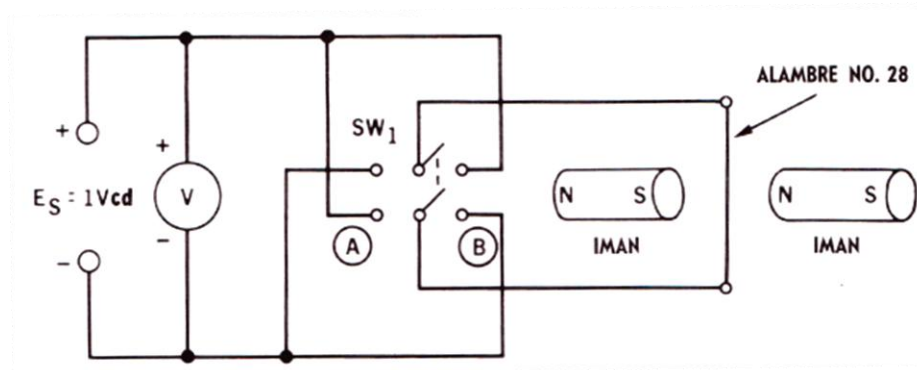
El motor eléctrico es el método más común para la conversión de energía eléctrica a energía mecánica. Los principios del funcionamiento del motor fueron observados por Faraday y Henry hace muchos años. Sus experimentos mostraron que la interacción de un campo magnético fijo y el campo magnético que rodea a un conductor con corriente, producía movimiento. En este experimento se construirá un motor de cd. Se requerirá de un poco de reflexión y estudio para apreciar el objetivo del conmutador y las razones para invertir el campo de la armadura para producir rotación.

III. Desarrollo de la práctica

1. Monte las dos bobinas pequeñas con sus monturas sobre la placa base como se observa en la figura. Note que las monturas de las bobinas están armadas sobre la placa base en forma poco convencional para este experimento en particular. Inserte los imanes permanentes en las bobinas (las bobinas se usan solo como sujetadores en este experimento. Los imanes deben estar en su posición de atracción con una separación aproximada de 1.2 cm. Sujete los imanes en las bobinas



2. Tome el alambre de cobre aislado y suspéndalo suavemente sobre las varillas de soporte entre los dos imanes permanentes como muestra la figura.



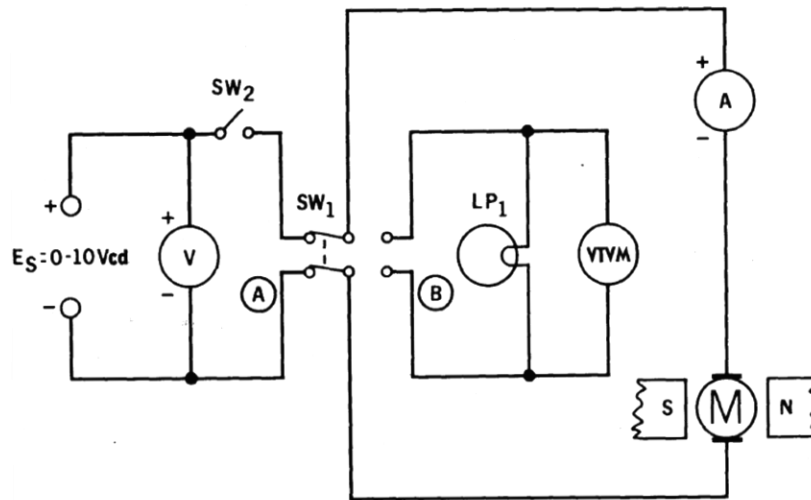
3. Conecte los extremos del alambre al interruptor DPDT y conecte el interruptor a la fuente como se muestra en la figura siguiente y ajuste la tensión a 1 vcd.
4. Momentáneamente accione el interruptor primero en un sentido y luego en el otro, cambiando la dirección del flujo de la corriente en el alambre. Note la reacción que se produce en el alambre que está dentro del campo magnético. **NOTA:** No deje la fuente de energía conectada en forma prologada, ya que el alambre cal 28 actúa como un corto circuito.
5. En el circuito de la figura anterior, cuando el interruptor se cierra a la posición "B" ¿El conductor mueve hacia arriba o hacia abajo en el campo magnético?

6. Cuando el interruptor se cierra a la posición "A", ¿El conductor se mueve hacia arriba o hacia abajo?

7. Si ambos imanes en el punto 5 se colocaran extremo a extremo, ¿serían los mismos resultados?

8. Verifique el comportamiento del alambre usando la regla de la mano derecha.

9. Construya el motor de CD sobre la placa base, de acuerdo al diagrama siguiente. Ajuste el amperímetro a su rango más alto de corriente y coloque en la posición *A* el interruptor *SW1*. Inserte los imanes permanentes como si fueran los núcleos de las bobinas, pero no haga ninguna conexión a las bobinas, ya que servirán sólo como soporte para los imanes permanentes. Cierre el interruptor *SW2* y ajuste la tensión de alimentación a 5vcd. Observe el funcionamiento del motor y el comportamiento del amperímetro. Ajuste las escobillas para obtener una máxima velocidad en el motor.



10. Abra y cierre *SW2* repetidas veces y observe las lecturas del amperímetro. Note que la corriente de arranque es alta y que al tomar velocidad el motor, disminuye a un valor más bajo. Esta reducción de corriente al adquirir velocidad el motor, se debe a su acción generadora, ya que todo motor de cd es un generador cd también.
11. Aumente la tensión de alimentación del motor a 10vcd y haga funcionar le motor colocando *SW1* en la posición *A*.
12. Cambie la posición de *SW1* a la posición *B* y observe la luz de la lámpara y el voltaje en ella.

13. Con el motor funcionando, retire un imán permanente. ¿Sigue operando el motor?, ¿qué efecto tendrá esto en la velocidad del motor y en su potencia?

14. Haga las combinaciones de polaridad con los imanes y vea lo que ocurre con el motor. ¿En qué casos sigue girando y con qué velocidad y potencia lo hace?

IV. Investigar

1. ¿Qué es la fuerza contraelectromotriz (f_{cem}) en un motor?
2. ¿Puede ser la f_{cem} de un motor, igual a la tensión que se le aplica?
3. ¿Todos los motores de cd son potenciales generadores y viceversa?
4. ¿Qué es el par en un motor?
5. Un transformador

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica**VI. Cita las referencias utilizadas**

Práctica 8. Generador de CD

Objetivo: El alumno manejará de forma intuitiva la aplicación de los conceptos anteriormente vistos para comprender y analizar el principio de operación de un generador de CD.

I. Material

✓	1 bobina grande	✓	1 placa base
✓	2 bobinas pequeñas con sus bases	✓	Material para motor de cd
✓	2 imanes permanentes de barra cilíndrica	✓	60 cm de alambre cal. 16
✓	2 núcleos cortos de hierro	✓	4 cables c – b, 4 c – c, 2 b – b cortos
		✓	Multímetro
		✓	Brújula

II. Introducción.

Faraday descubrió los principios de la inducción electromagnética. Él descubrió que cuando un conductor corta líneas de fuerza magnética se establece una diferencia de potencial entre los extremos del conductor. En realidad, no importa cómo corte las líneas de fuerza magnética. El conductor puede permanecer estacionario, mientras se mueva el campo. En cualquier caso, debe existir un movimiento relativo entre ambos elementos.

La magnitud de la tensión generada depende de la rapidez con que sean cortadas las líneas de fuerza. Mientras más rápidamente se mueve el conductor, mayor será la tensión inducida. Mientras más intenso sea el flujo para una velocidad dada de un conductor, mayor será la fem inducida.

III. Desarrollo de la práctica

Experimento 1.

1. Conecte la bobina grande al voltímetro para medir vcd. Tome un imán permanente y muévelo hacia adentro y hacia afuera de la bobina. ¿Se mantiene la polaridad del voltaje? _____
¿Fluye corriente a través de la bobina cuando el imán está en reposo?

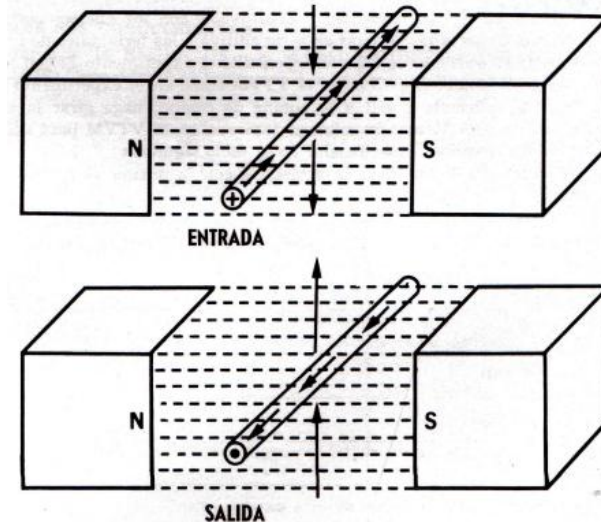
¿Cuándo se produce una corriente mayor: con un movimiento lento o con un movimiento rápido?

2. Repita el experimento anterior, pero ahora deje fijo el imán y mueva la bobina dentro del imán. ¿Produce una tensión este tipo de movimiento relativo entre el imán y la bobina?

3. Coloque las bobinas pequeñas sobre sus monturas y fíjelas sobre la placa base. Inserte los imanes permanentes en las bobinas y asegúrelos aproximadamente a 12 mm de separación (las

bobinas se usan sólo como soportes para los imanes, es decir, no se energizarán). Los imanes deben colocarse con el polo N de uno de ellos frente al polo S del otro.

4. Conecte un tramo de alambre de 60 cm de largo a las terminales del voltímetro. Sujete el conductor con ambas manos y pase rápidamente una sección del alambre hacia abajo a través del campo magnético entre los dos imanes. Observe el voltaje y el signo de la tensión generada.

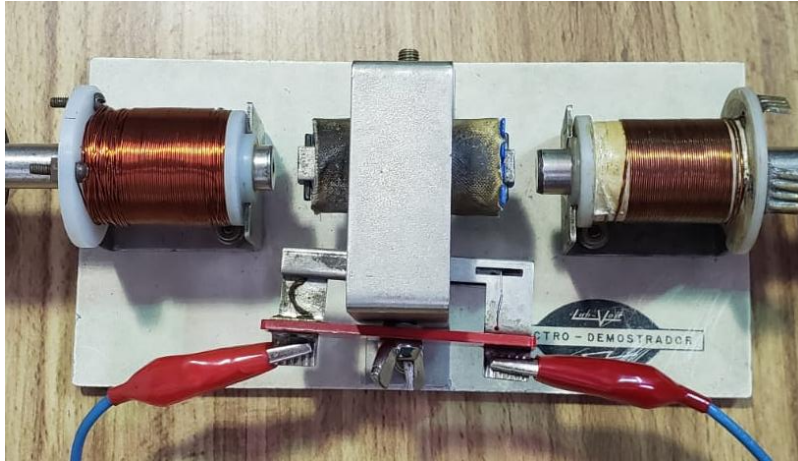


5. Regrese ahora rápidamente el alambre a través del campo magnético. Observe la nueva dirección de la tensión generada. A menos que el voltímetro sea muy sensible, las observaciones hechas con un solo conductor serán poco claras. Separe los imanes permanentes a aproximadamente 7 cm y fíjelos. Conecte el voltímetro a la bobina grande y, con el agujero de la bobina en la misma dirección que los imanes, mueva rápidamente la bobina hacia abajo, entre los dos imanes. Observe la magnitud y la dirección de la tensión generada
6. Mueva nuevamente la bobina, pero ahora hacia arriba. Observe nuevamente la magnitud y dirección de la tensión generada
7. Mueva la bobina arriba y abajo en el campo magnético a diferentes velocidades y observe la magnitud y dirección de la tensión generada.

Experimento 2.

1. Arme el motor de CD, que para este experimento se usará como generador de CD. Utilice los imanes permanentes para producir el campo magnético. Conecte el voltímetro a las terminales del rotor y hágalo girar. Observe el voltaje generado en el voltímetro.

¿Qué pasa si invierte el sentido del giro?



2. Retire los imanes permanentes y en su lugar utilice las bobinas pequeñas con sus núcleos cortos para generar el campo magnético. Haga una conexión de las bobinas en serie aditiva y alimente con los voltajes que se muestran en la tabla. Anote la tensión máxima inducida para cada valor.

Tensión del campo	Tensión máxima inducida
1 volts	
2 volts	
3 volts	
4 volts	
5 volts	

¿Qué conclusiones sacas de este experimento?

IV. Investigar

1. Menciona uno de los más grandes descubrimientos de Michael Faraday.
2. Si se aumenta la corriente en los devanados de campo de un generador, ¿aumenta o disminuye la corriente?

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica

VI. Cita las referencias utilizadas

1. De Ingeniería, M. [@MentalidadDeIngenieria]. (2023, marzo 4). Flemings Mano Izquierda Regla. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=2w4KUYI19tU>

Práctica 9. Circuito RC

Objetivo: Que el alumno arme un circuito serie y paralelo RC y que efectué mediciones de V , I para comprobar las leyes de Kirchhoff en circuitos de CA y establezca la diferencia respecto a los circuitos RL .

I. Material

- | | |
|---|---|
| ✓ 1 capacitor de $0.1\mu F$ no polarizado | ✓ 1 generador de señales |
| ✓ 2 resistencias de $10K\Omega$ | ✓ 1 osciloscopio |
| ✓ 1 multímetro gris | ✓ 4 cables c – b, 4 c – c, 2 b – b cortos |
| ✓ 1 multímetro amarillo | ✓ 1 juego de cables tipo clip |

II. Introducción.

La reactancia capacitiva es la resistencia que ofrece al flujo de la corriente alterna, la presencia de la capacitancia en el circuito. Se mide en ohms y se expresa matemáticamente como sigue

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

Donde f es la frecuencia en Hertz y C es la capacitancia en Faradios.

De la ecuación anterior, se puede observar que mientras mayor sea la frecuencia de la corriente alterna, menor será la reactancia. Mientras mayor sea el valor de la capacitancia, menor será la reactancia. Una capacitancia grande puede almacenar más carga (electrones) que una pequeña, en un periodo determinado. Mientras más alta sea la frecuencia, mayor será el número de carga (electrones) transferido sobre la misma longitud del periodo de tiempo. Por lo tanto, para la misma tensión aplicada fluye más corriente en un capacitor grande que en uno pequeño y para un capacitor del mismo tamaño, fluye más corriente a la frecuencia más alta.

Un circuito RC está compuesto por una resistencia y un capacitor, ya sea que se conecten en serie o en paralelo.

Circuito RC en serie. En este tipo de circuitos, la corriente es la misma en la resistencia y en el capacitor, sin embargo, el voltaje entregado por la fuente es igual a la suma vectorial del voltaje en el capacitor más el voltaje en la resistencia, es decir,

$$\vec{V}_S = \vec{V}_R + \vec{V}_C$$

En la resistencia, tanto el voltaje como la corriente están en fase. Pero en el capacitor la corriente está adelantada 90° con respecto al voltaje.

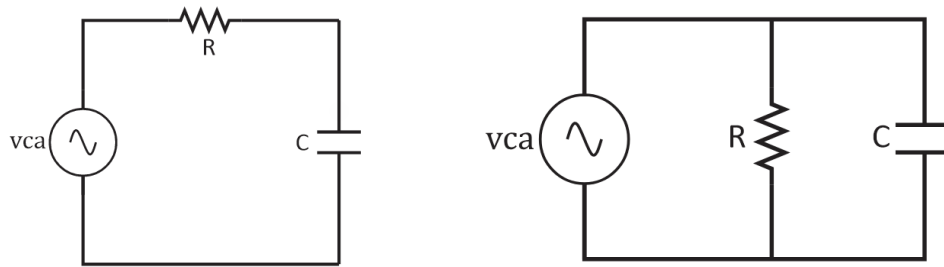


Figura 1. Circuito RC en serie y paralelo

Circuito RC en paralelo. En este circuito el voltaje es el mismo para la resistencia y el capacitor, sin embargo, la corriente total, es la suma vectorial de la corriente en la resistencia más la corriente en el capacitor, es decir,

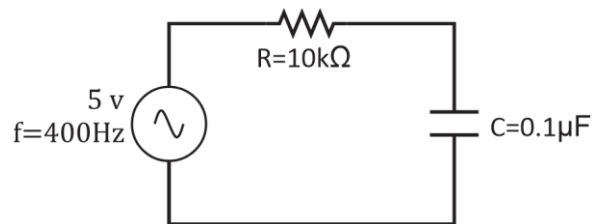
$$\vec{I}_S = \vec{I}_R + \vec{I}_C$$

Nuevamente, la corriente y el voltaje en la resistencia están en fase, mientras que, en el capacitor, la corriente adelanta 90° al voltaje. La conexión del circuito en serie y en paralelo se muestran en la Figura 1.

III. Desarrollo de la práctica

Experimento 1.

1. Arme el circuito RC en serie de la figura siguiente.



2. Mida la tensión en la resistencia y en el capacitor con el multímetro en la opción de voltaje de corriente alterna. Mientras realiza las mediciones asegúrese que el voltaje en la entrada se mantiene a $5vca$.

$$V_R = \text{_____} \text{ volts}$$

$$V_C = \text{_____} \text{ volts}$$

3. Calcule la corriente del circuito, usando la tensión V_R que acaba de medir y el valor de R medido.

$$I = \frac{V_R}{\Omega} = \text{_____} A$$

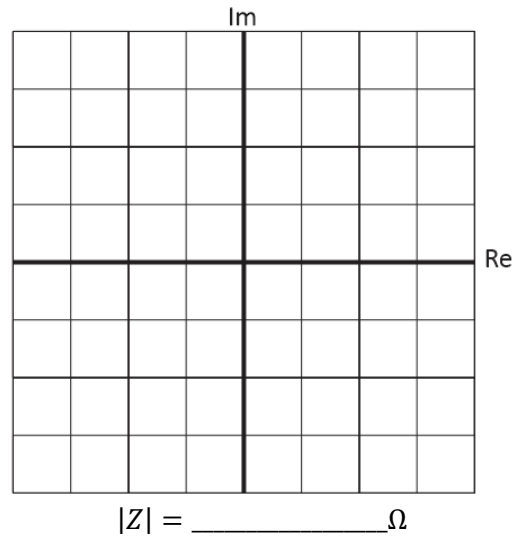
4. Calcule la impedancia total del circuito usando I calculada en el punto anterior.

$$Z_T = \frac{V_{in}}{I} = \text{_____} \Omega$$

5. Calcule el valor de la reactancia capacitiva

$$X_C = -\frac{1}{2\pi fC} = \text{_____} \Omega$$

6. Dibuje un diagrama vectorial en papel cuadriculado, usando $R = 10k\Omega$ y X_C calculado en el punto anterior. En este diagrama vectorial encuentre la magnitud de Z .



Calcule el ángulo de la impedancia con

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X_C}{R} = \text{_____}$$

Compare la $|Z|$ encontrada en este punto, con la encontrada en el punto 4.

7. Utilice el mismo circuito del punto 1 y registre los valores medidos para las siguientes frecuencias.

$E_{\text{generador}} = 5vca, \quad R = 10k\Omega, \quad C = 0.1\mu F$						
Frecuencia	X_C calculada	V_R medido	V_C medido	I calculada	Z calculada	θ calculada
100Hz						
200Hz						
400Hz						
800Hz						
1000Hz						

11. Calcule la frecuencia necesaria para que $X_C = 10k\Omega$

$$f = \text{_____} \Omega$$

12. Ajuste la frecuencia del generador y verifique que el voltaje en la resistencia es igual o muy similar al del capacitor. En caso de ser necesario ajuste a un valor diferente al calculado, hasta lograr que $V_R = V_C$.

$$V_R = \text{_____} v$$

$$V_C = \text{_____} v$$

¿La suma aritmética de $V_R + V_C$ es igual al voltaje de alimentación? _____

¿Porqué? _____

13. Sustituya el capacitor por una resistencia de $10k\Omega$ y mida los voltajes en las dos resistencias

$$V_{R1} = \text{_____} v$$

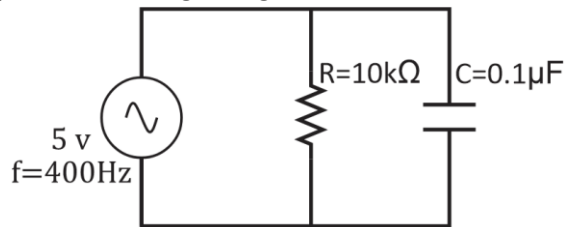
$$V_{R2} = \text{_____} v$$

¿La suma aritmética de $V_{R1} + V_{R2}$ es igual al voltaje de alimentación? _____

¿Porqué ocurre esto?

Experimento 2

1. Arme el circuito RC en paralelo de la figura siguiente.



2. Mida la corriente en la resistencia y en el capacitor con el multímetro en la opción de corriente alterna. Mientras realiza las mediciones asegúrese que el voltaje en la entrada se mantiene a $5vca$.

$$I_R = \text{_____} A$$

$$I_C = \text{_____} A$$

3. Mida la corriente total del circuito

$$I_{Medida} = \text{_____} A$$

Calcule la corriente total en función de I_R e I_C

$$I_{Calculada} = \text{_____} A$$

¿Son iguales I_{Medida} e $I_{Calculada}$?, ¿A qué atribuye las diferencias?

4. Calcule la magnitud de la impedancia total del circuito usando I medida en el punto 3.

$$Z_T = \frac{V_{in}}{I_{Medida}} = \text{_____} \Omega$$

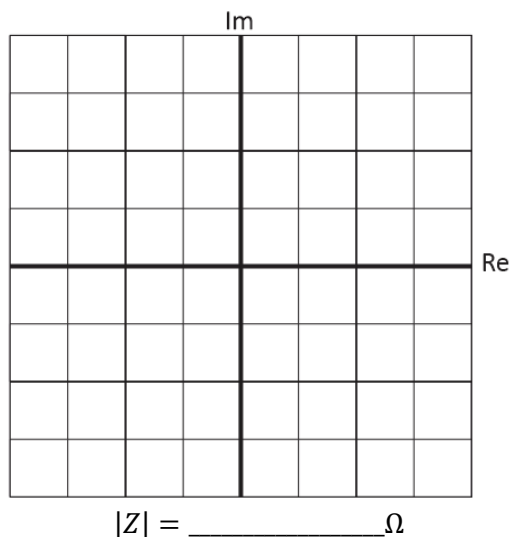
5. Calcule la magnitud de la impedancia del capacitor usando la corriente I_C y el voltaje de alimentación

$$Z_C = \frac{V_{in}}{I_C}$$

6. Calcule la impedancia total de la siguiente manera y exprese en forma rectangular.

$$Z_T = \frac{-R(Z_C)i}{R - Z_Ci} = \text{_____} - \text{_____} i \Omega$$

7. Dibuje un diagrama vectorial en papel cuadriculado, con $Re(Z_T)$ e $I_m(Z_T)$.



Calcule el ángulo de la impedancia con

$$\theta = \tan^{-1} \frac{Im(Z_T)}{Re(Z_T)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Compare la $|Z|$ encontrada en este punto 6 con la encontrada en el punto 4.

IV. Investigar

Para el circuito en serie RC qué ocurre

- Al aumentar la frecuencia, X_C _____
- Al disminuir la frecuencia, V_R _____
- Al disminuir la frecuencia, V_C _____
- Al aumentar la frecuencia, θ _____
- Al disminuir la frecuencia, Z _____

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica

VI. Cita las referencias utilizadas

Práctica 10. Circuitos LC (Resonancia)

Objetivo: Que el alumno arme circuitos de *ca*, del tipo *LC* con $X_L = X_C$ en serie y paralelo y que observe las características de un circuito trabajando en estas condiciones y su importancia en los circuitos de *ca*.

I. Material

- | | |
|-------------------------------------|---|
| ✓ 1 C – 0.002 μF no polarizado | ✓ 1 generador de señales |
| ✓ 1 L – 10 mH | ✓ 1 osciloscopio |
| ✓ 2 R – 1 $K\Omega$ | ✓ 4 cables c – b, 4 c – c, 2 b – b cortos |
| ✓ 1 R – 10 $K\Omega$ | ✓ 1 juego de cables tipo clip |
| ✓ 1 multímetro | |

II. Introducción.

Los fenómenos de un circuito de resonancia constituyen una característica muy significativa de los circuitos electrónicos. La forma en que puede sintonizarse un aparato de radio a una estación local, encuentra respuesta en el estudio de los circuitos resonantes. Los principios de los circuitos resonantes tienen cientos de aplicaciones en la selección de frecuencias, acoplamiento entre pasos, diseños de antenas y circuito que se usan como filtros eléctricos. La resonancia en un circuito ocurre cuando X_L y X_C son iguales. Al estar 180° fuera de fase, también se cancelan dejando sola a R como impedancia en un circuito en serie *RLC*. Recordemos que $X_L = 2\pi fL$ y $X_C = 1/2\pi fC$, podemos ver que X_L aumenta conforme f aumenta, mientras que X_C disminuye con la misma frecuencia, por lo que, habrá una frecuencia en la cual $X_L = X_C$. Alrededor de dicha frecuencia ocurre el fenómeno de resonancia. Esta frecuencia que llamaremos f_0 se puede calcular como sigue

$$X_L = X_C \quad \Rightarrow \quad 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC} \quad \Rightarrow \quad 4\pi^2 f^2 LC = 1$$

$$f_0 = f = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 LC}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

La ecuación anterior sirve tanto para conexiones en serie como en paralelo de L y C . Para el caso del circuito en paralelo, f_0 se puede obtener a partir de la impedancia total, esto es

$$Z_{total} = \frac{(X_L i)(-X_C i)}{X_L i - X_C i}$$

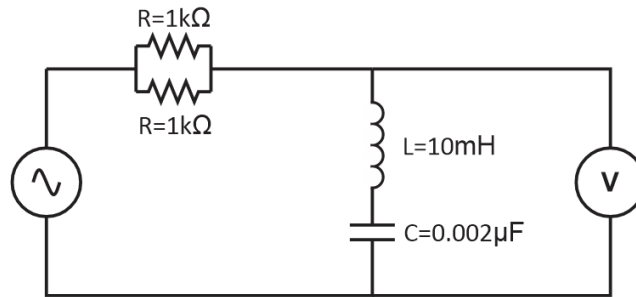
De la expresión anterior, se puede observar que si $|Z_L| = |Z_C|$, entonces, el denominador de la ecuación anterior será 0 para f_0 , por lo que se llega al mismo procedimiento para calcular f_0 que en el caso de L y C en serie, esto es

$$X_L i - X_C i = 0 \quad \Rightarrow \quad X_L = X_C \quad \Rightarrow \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

III. Desarrollo de la práctica

Experimento 1.

1. Arme el circuito de la figura siguiente, donde L y C están en serie.



2. Calcule la frecuencia resonante del circuito usando los valores medidos de L y C

$$L_{medido} = \text{_____}, \quad C_{medido} = \text{_____}$$

$$f_0 \text{ calculada} = \text{_____} \text{ kHz}$$

3. Ajuste el generador de señales para una señal senoidal y aumente la amplitud al valor máximo. Varie la frecuencia a valores por arriba y por debajo de f_0 calculada en el punto 2, hasta lograr el valor mínimo de voltaje en las terminales del inductor y del capacitor como se muestra en la figura anterior. El valor de f a la cual se obtiene la salida de voltaje mínima es f_0 obtenida de manera práctica.

$$f_0 \text{ medida} = \text{_____} \text{ kHz}$$

4. Sin modificar f_0 del punto 3, ajuste el voltaje del generador de 1vca (rms) y mida el voltaje en la bobina, en el capacitor y en la resistencia.

$$V_L = \text{_____} \text{ v}$$

$$V_C = \text{_____} \text{ v}$$

$$V_R = \text{_____} \text{ v}$$

5. Calcule la corriente total del circuito,

$$I_{total} = \frac{V_R}{R} = \text{_____} = \text{_____} \text{ A}$$

6. Calcule la magnitud de la impedancia del circuito en resonancia usando los valores obtenidos en el punto anterior.

$$|Z| = \frac{V_{in}}{I_{total}} = \text{_____} = \text{_____} \Omega$$

7. Calcule X_L y X_C usando los voltajes medidos en el punto 4 y la corriente total obtenida en el punto 5.

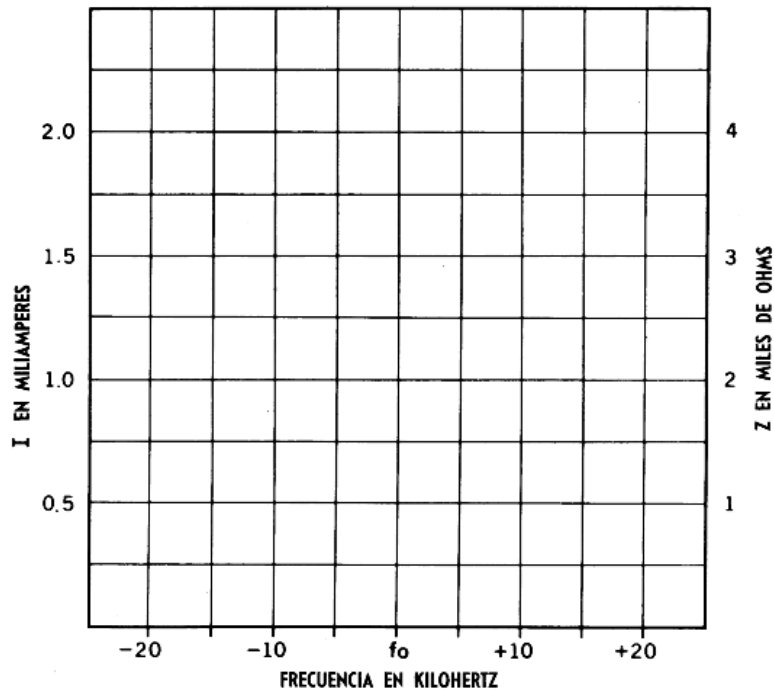
$$X_L = \frac{V_L}{I_{total}} = \text{_____} = \text{_____} \Omega$$

$$X_C = \frac{V_C}{I_{total}} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \Omega$$

8. Llene la siguiente tabla, haciendo los ajustes de frecuencia que se indican

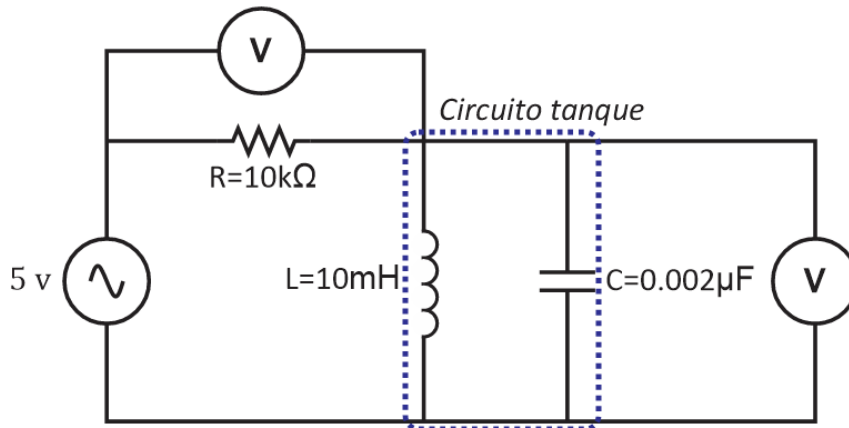
Frecuencia	V_R	V_L	V_C	I_{total}	$ Z $	X_L	X_C
$f_0 - 25KHz$							
$f_0 - 20KHz$							
$f_0 - 15KHz$							
$f_0 - 10KHz$							
$f_0 - 5KHz$							
f_0							
$f_0 + 5KHz$							
$f_0 + 10KHz$							
$f_0 + 15KHz$							
$f_0 + 20KHz$							
$f_0 + 25KHz$							

9. Traza una sola gráfica de la $I_{total} (mA)$ vs $f(kHz)$ y $Z (k\Omega)$ vs $f(kHz)$ con los datos de la tabla anterior.



Experimento 2.

1. Arme el circuito de la figura siguiente, donde L y C están en paralelo. Ajuste el voltaje del generador a $5vca$.



2. La frecuencia de resonancia para un circuito LC en paralelo se calcula igual que para el circuito LC en serie. Anote nuevamente f_0

$$f_0 \text{ calculada} = \text{_____} KHz$$

3. Varie la frecuencia a valores por arriba y por debajo de f_0 calculada en el punto 2, hasta lograr el valor mínimo de voltaje en las terminales de R como se muestra en la figura anterior. Anote f_0 medida.

$$f_0 \text{ medida} = \text{_____} KHz$$

Anote el valor mínimo de voltaje en R

$$V_R = \text{_____} v$$

Mida el voltaje del circuito paralelo LC . A este se le llama con frecuencia circuito tanque y su tensión se denota como V_T

$$V_T = \text{_____} v$$

A la frecuencia resonante, la tensión del circuito tanque debe ser máxima. Varíe ligeramente la frecuencia del generador, a ambos lados del punto resonante. ¿Se reduce la tensión en el circuito tanque? Explique:

4. Calcule la corriente total del circuito a f_0 ,

$$I_{total} = \frac{V_R}{R} = \text{_____} = \text{_____} \mu A$$

5. Calcule X_L y X_C para la frecuencia resonante medida

$$X_L = 2\pi f_0 L = \text{_____} \Omega \quad X_C = \frac{1}{2\pi f_0 C} = \text{_____} \Omega$$

6. Calcule la magnitud de I_C e I_L en el circuito tanque

$$I_C = \frac{V_T}{X_C} = \underline{\hspace{2cm}} \qquad I_L = \frac{V_T}{X_L} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Las corrientes I_C e I_L son iguales en magnitud para f_0 , pero están defasadas 180° .

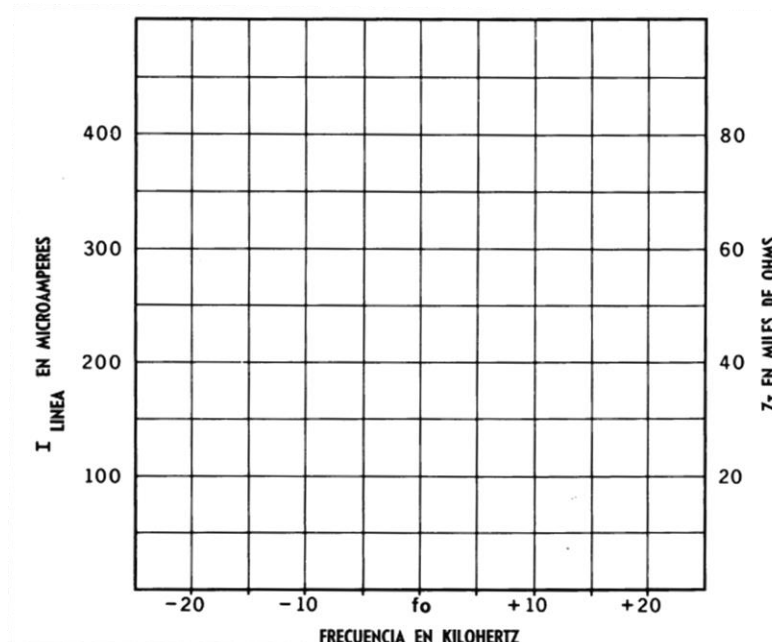
7. Calcule la magnitud de la impedancia del circuito tanque en resonancia.

$$|Z_{\text{tanque}}| = \frac{V_T}{I_{\text{total}}} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

8. Llene la siguiente tabla, haciendo los ajustes de frecuencia que se indican

Frecuencia	V_R	V_T	I_{total}	$ Z_{\text{tanque}} $	X_L	X_C
$f_0 - 25\text{KHz}$						
$f_0 - 20\text{KHz}$						
$f_0 - 15\text{KHz}$						
$f_0 - 10\text{KHz}$						
$f_0 - 5\text{KHz}$						
f_0						
$f_0 + 5\text{KHz}$						
$f_0 + 10\text{KHz}$						
$f_0 + 15\text{KHz}$						
$f_0 + 20\text{KHz}$						
$f_0 + 25\text{KHz}$						

9. Traza una sola gráfica de la $I_{\text{total}} (\mu A)$ vs $f (\text{kHz})$ y $Z_{\text{tanque}} (k\Omega)$ vs $f (\text{kHz})$ con los datos de la tabla anterior.



IV. Investigar

1. En resonancia, el circuito en serie aparece como una resistencia pura. Arriba de la resonancia del circuito, ¿La reactancia es inductiva o capacitiva?
2. En resonancia, el circuito en serie aparece como una resistencia pura. Abajo de la resonancia del circuito, ¿La reactancia es inductiva o capacitiva?
3. ¿Cómo se puede saber cuando el circuito tanque está sintonizado en resonancia?
4. ¿En resonancia, la corriente del circuito tanque es máxima o mínima?

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica**VI. Cita las referencias utilizadas**

Práctica 11. Circuitos RLC

Objetivo: Que el alumno observe el comportamiento de un circuito RLC completo en serie y paralelo.

I. Material

- | | |
|--|-------------------------------------|
| ✓ 1 módulo R, 1 módulo L, 1 módulo C (labvolt) | ✓ 1 resistencia de 1Ω a $1W$ |
| ✓ Medidor RLC | ✓ 6 puntas b-b largas |
| ✓ 1 osciloscopio | ✓ 4 puntas b-b cortas |
| ✓ 2 multímetros grises | ✓ 4 puntas b-c |
| | ✓ 4 puntas c-c |

II. Introducción.

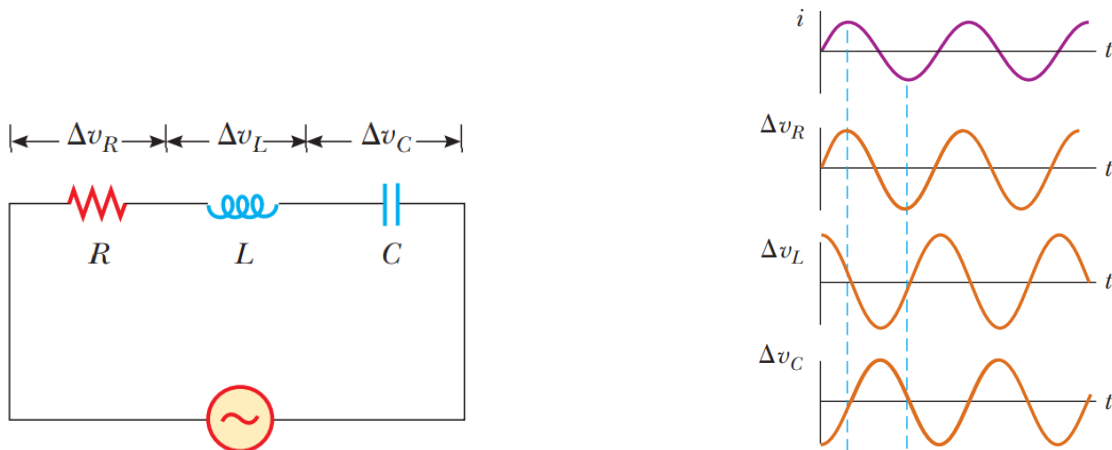
La figura siguiente muestra un circuito que contiene un resistor, un inductor y un condensador conectados en serie a las terminales de una fuente de voltaje alterno. Si el voltaje aplicado tiene una variación senoidal con el tiempo, el voltaje instantáneo aplicado es

$$v = V_{max} \sin(\omega t)$$

Mientras que la corriente varía como

$$i = I_{max} \sin(\omega t - \phi)$$

Donde ϕ es cierto ángulo de fase entre la corriente y el voltaje aplicados. La corriente generalmente no está en fase con el voltaje en un circuito *RLC*.

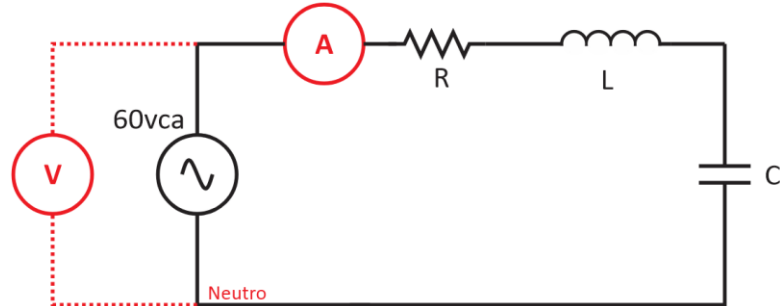


La corriente de un circuito en serie de *ca* tiene la misma amplitud y fase en cualquier punto, mientras que, el voltaje en las terminales de cada elemento tiene amplitud y fase diferentes. El voltaje en las terminales del resistor está en fase con la corriente, el voltaje en las terminales del inductor se adelanta 90° a la corriente y el voltaje en las terminales del capacitor se atrasa 90° con respecto a la corriente.

III. Desarrollo de la práctica

Experimento 1. Circuito RLC en serie.

1. En el módulo proporcionado, seleccionar $R = 300\Omega$, $X_L = j600\Omega$ y $X_C = -j300\Omega$ y arme el siguiente circuito en serie.



2. Mide el valor real de los elementos antes seleccionados usando un medidor RLC.

$$R_{medida} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$X_{Lmedida} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$X_{Cmedida} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

3. Determine la impedancia total del circuito.

$$Z = R + j(X_L - X_C) \Omega = \underline{\hspace{2cm}} + j \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

4. Energice el circuito con 60Vca. Mida los voltajes en cada elemento

$$V_{fuente} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_R = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

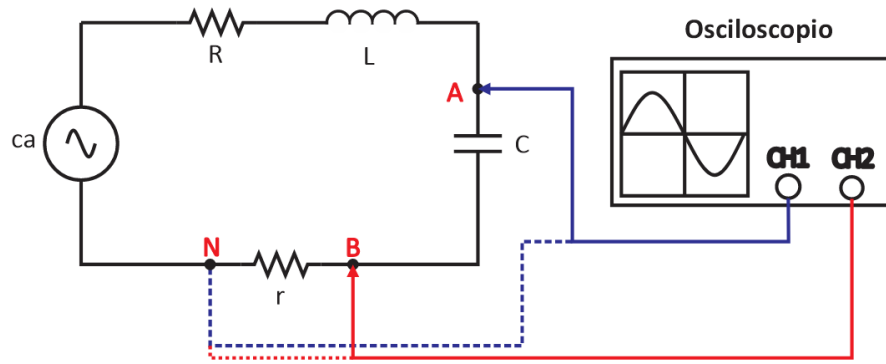
$$V_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Mida la corriente total que entrega la fuente

$$I = \underline{\hspace{2cm}}$$

¿Se cumple la ley de voltajes de Kirchhoff? Explique

6. Agrega la resistencia r , al circuito anterior y conecta el **CH1** del osciloscopio en el punto A y su tierra al neutro. Conecta el **CH2** al punto B y su tierra también al neutro. La resistencia r se utiliza para medir la corriente en el capacitor, ya que, $V_r = I_r$ y como V_r e I_r están en fase, se puede medir indirectamente I_r y, por lo tanto, la corriente en el capacitor, ya que r y C están en serie.

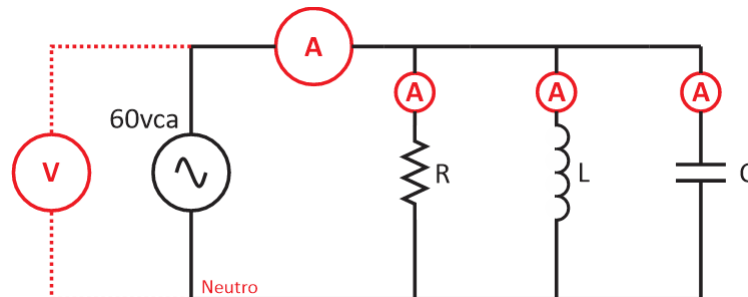


7. Mide el defasamiento entre la corriente medida por **CH2** y el voltaje medido por **CH1** para el capacitor. Repite el procedimiento con L y con R , para ello, intercambia de posición el capacitor con R y L , de tal forma, que los elementos a medir queden entre el punto A y el punto B. Registra los valores en la siguiente tabla

Elemento	Defasamiento medido entre I y V	Defasamiento calculado entre I y V
Resistencia		
Inductor		
Capacitor		

Experimento 2. Circuito RLC en paralelo.

1. Seleccione ahora, $R = 600\Omega$, $X_L = j300\Omega$ y $X_C = -j600\Omega$ y arme el siguiente circuito en paralelo.



2. Mide el valor real de los elementos antes seleccionados usando un medidor RLC.

$$R_{medida} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$X_{Lmedida} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$X_{Cmedida} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

3. Determine la impedancia total del circuito.

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{Z_L} + \frac{1}{Z_C}} \Omega = \underline{\hspace{2cm}} + j \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

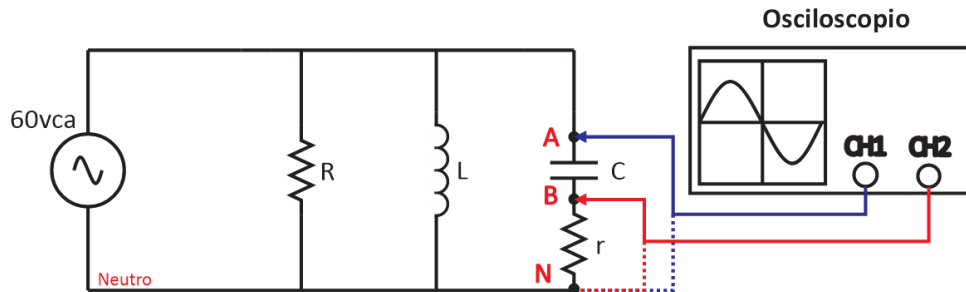
4. Energice el circuito con 60vca. Mida la corriente en cada elemento y la corriente total.

$$I_{fuente} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\begin{aligned}
 I_R &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 I_L &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 I_C &= \underline{\hspace{2cm}}
 \end{aligned}$$

¿Se cumple la ley de corrientes de Kirchhoff? Explique

5. Agrega la resistencia r , al circuito anterior y conecta el **CH1** del osciloscopio en el punto A y su tierra al neutro. Conecta el **CH2** al punto B y su tierra también al neutro. Nuevamente el canal 2, medirá indirectamente la corriente del capacitor.



6. Mide el defasamiento entre la corriente medida por **CH2** y el voltaje medido por **CH1** para el capacitor. Repite el procedimiento con L y con R , para ello, intercambia de posición el capacitor con R y L , de tal forma, que los elementos a medir queden entre el punto A y el punto B. Registra los valores en la siguiente tabla

Elemento	Defasamiento medido entre I y V	Defasamiento calculado entre I y V
Resistencia		
Inductor		
Capacitor		

IV. Investigar

1. ¿Cómo es la onda de corriente con respecto a la de voltaje en un elemento resistivo?
2. ¿Cómo es la onda de corriente con respecto a la de voltaje en un elemento inductivo?
3. ¿Cómo es la onda de corriente con respecto a la de voltaje en un elemento capacitivo?

V. Escribe tus conclusiones individuales sobre esta práctica

VI. Cita las referencias utilizadas

Nota: Esta práctica está diseñada para realizarse en las mesas de electrometría, para utilizar los módulos de potencia RLC.