

## La Ley de Faraday

# Pre-Laboratorio

Nombre \_\_\_\_\_

Sección \_\_\_\_\_

**Conteste las siguientes preguntas y entregue este pre-laboratorio a su instructor antes de comenzar la experiencia de laboratorio.**

1. En este experimento cuando tenemos una corriente CMR, las líneas de campo \_\_\_\_\_ y por lo tanto hay un polo \_\_\_\_\_
2. El sensor que utilizaremos en este laboratorio medirá: \_\_\_\_\_
3. *"El voltaje inducido en un circuito es directamente proporcional a la razón de cambio del flujo magnético respecto del tiempo"*. Este principio se conoce como  
\_\_\_\_\_
4. En la expresión:  $\phi_B = BA \cos \theta_{BA}$ , la cantidad física  $\phi_B$  es: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# La Ley de Faraday

## Objetivo

1. Observar y describir la inducción de voltajes en una bobina y explorar sus causas
2. Determinar el cambio en flujo magnético a través de una bobina.

## Introducción

### Corriente y Campo Magnético

Anteriormente tuvimos la oportunidad de estudiar campos magnéticos producidos por solenoides e imanes. En el caso del solenoide observamos que el campo magnético es proporcional a la corriente que fluye por éste. En otras palabras, el flujo de corriente a través del solenoide produce un campo magnético. En la Figura 1 se muestra un diagrama de un solenoide. Note que la dirección del campo magnético depende de la dirección de la corriente.

En el solenoide de la izquierda la corriente fluye en dirección contraria al movimiento de las manecillas del reloj (visto desde arriba). Para indicar esta dirección escribiremos **CMR**. En el diagrama *a*) representamos esta perspectiva. Así que si observamos el solenoide desde arriba vemos que las líneas de campo magnético salen (aquí las representamos con un punto,  $\cdot$ ) cuando la corriente fluye en CMR. Decimos que observamos el polo norte N del campo (bipolar).

En el solenoide de la derecha la corriente fluye en dirección contraria al caso anterior. En este caso es un movimiento a favor de las manecillas del reloj, el cual llamaremos **FMR**, si estamos observando el solenoide desde arriba (ver diagrama *b*)). En este caso las líneas de campo magnético entran (las representamos con una cruz  $\times$ ). Decimos que observamos el polo sur S del campo.

Para resumir, tenemos entonces:

- Corriente CMR  $\rightarrow$  líneas de campo salen  $\rightarrow$  polo N
- Corriente FMR  $\rightarrow$  líneas de campo entran  $\rightarrow$  polo S

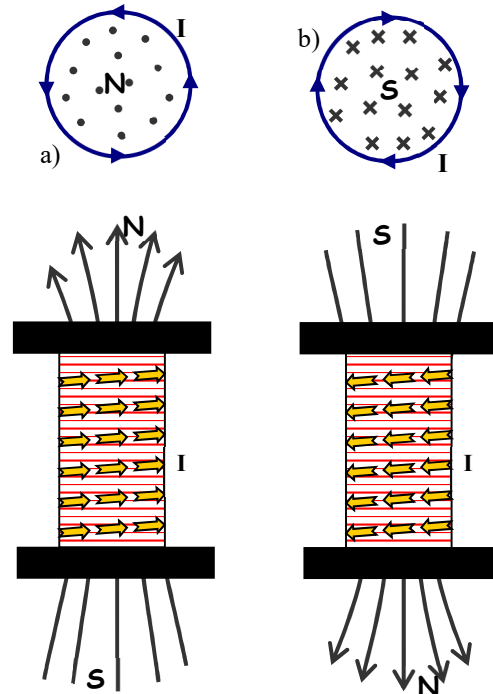


Figura 1



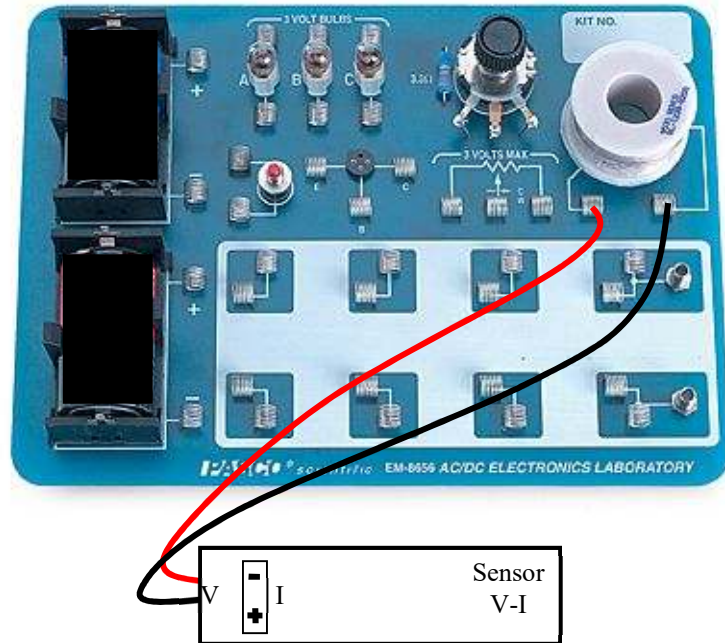
ES IMPORTANTE ENTENDER ESTO ANTES DE COMENZAR EL LABORATORIO, SI TIENE DUDA PREGUNTE A SU INSTRUCTOR.

## Ley de Faraday

Como hemos mencionado arriba, las corrientes producen campos magnéticos. Pero para crear la corriente hay que establecer una diferencia en potencial o voltaje. Así que podemos decir que el voltaje (que crea la corriente) produce un campo magnético. Ahora, ¿podríamos tener lo contrario? ¿Sería posible que un campo magnético pueda crear una diferencia de potencial? ¿Bajo cuáles condiciones es esto posible? Eso es lo que investigaremos en este laboratorio.

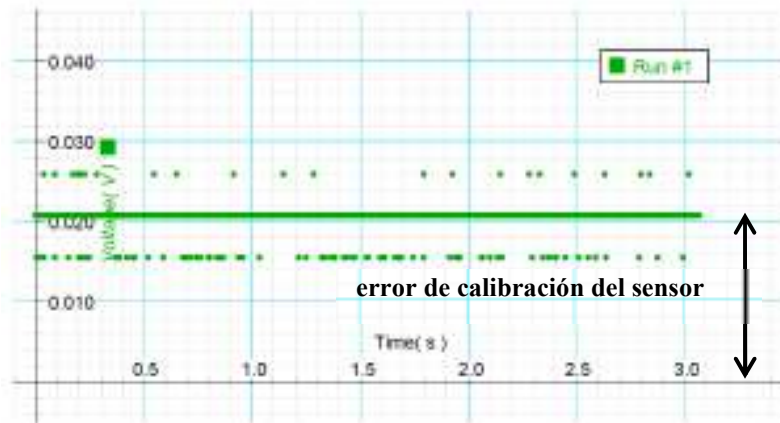
## Procedimiento

1. Conecte el sensor de voltaje como se muestra en la figura de la derecha.
2. Conecte al sensor al USB LINK. Conecte el USB LINK a uno de los puertos de la computadora.
3. Corra Datastudio™ y seleccione *Create Experiment*. La computadora reconocerá el sensor y aparecerá una ventana con título *Digits 1*. Descártela.



4. En el menú *Displays* seleccione *Graph*. Aparecerá una ventana: *Please Choose Data Source*. Escoja voltaje y presione OK. Aparecerá una gráfica de voltaje contra tiempo.

5. En el menú principal seleccione *Setup*. Aparecerá una ventana que muestra el sensor de voltaje-corriente. Presione varias veces sobre el signo de suma (+) para aumentar a 1000 la razón de medida (*sample rate*). Cierre luego la ventana. Estamos listos para comenzar a tomar datos



6. Presione *Start* para tomar datos (*esto es una prueba*). Tome datos por unos 5 segundos. Presione *Stop*. Ajuste la escala. Su resultado debe ser similar al que se observa en la gráfica de la derecha. El sensor no está en general calibrado en 0.000. Tendremos que corregir por este valor. Si desea

- verificar que es el sensor y no el tablero conecte un terminal del sensor al otro (rojo con negro) y tome datos. Verá que se reproduce la curva anterior.
- Introduzca el imán en el centro de la bobina con el polo norte apuntando hacia abajo.
  - Presione *Start* para tomar datos. Tome datos por unos 5 segundos. Presione *Stop*. Ajuste la escala.
  - ¿Hay alguna diferencia entre sus resultados con el imán y sin éste (paso 6)? \_\_\_\_\_
  - Borre la data anterior.
  - Presione *Start* para tomar datos y espere 2 segundos. Saque el imán del centro del solenoide. Presione *Stop*. Ajuste la escala.
  - ¿Hay alguna diferencia entre sus datos y los anteriores? \_\_\_\_\_

- 
- 
- 
- Para ver mejor los datos, presione la flecha a la derecha del icono de la gráfica (el de la extrema derecha de la barra de iconos de la gráfica) y seleccione *Connected Lines*. Ahora los puntos en la gráfica estarán conectados.
  - De acuerdo con los dos experimentos anteriores, ¿en cuál caso se produjo un voltaje (inducido)?
    - imán en reposo
    - imán moviéndose

Resulta evidente que para que haya un voltaje inducido “algo” tiene que cambiar. Ese “algo” es el flujo de campo magnético a través de la bobina. El flujo de campo magnético se define como:

$$\phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta_{BA},$$

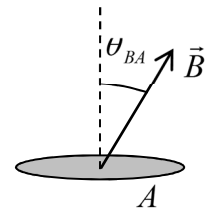


Figura 2

donde  $B$  es la magnitud del campo magnético,  $A$  es el área de la bobina y  $\theta_{BA}$  es el ángulo del vector de campo magnético respecto a una línea normal (perpendicular) a la superficie (ver figura 2). El flujo de campo magnético cambia cuando una o más de estas tres cantidades cambian.

En el caso de la bobina de nuestro experimento, el área es constante, así que el voltaje inducido es producto del cambio en la magnitud del campo magnético y su orientación respecto a la normal.

Al observar en su gráfica la generación del voltaje inducido usted ha observado una de las consecuencias de **La Ley de Inducción de Faraday**. principio nos dice: *El voltaje inducido en un circuito directamente proporcional a la razón de cambio del magnético respecto del tiempo.*

Veamos ahora cuál es la relación entre la dirección de corriente en la bobina y el voltaje medido por el sensor. **Si la corriente fluye en FMR entonces, debido a la forma de conectar el sensor, el voltaje medido será positivo.**

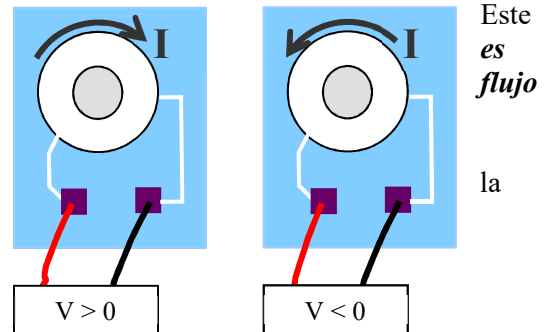


Figura 3

**VERIFIQUE QUE HA CONECTADO EL SENSOR DE VOLTAJE COMO SE INDICA.**

Si la corriente fluye en CMR entonces el voltaje medido será negativo. Esto se ilustra en la figura 3.

**Usaremos esto para determinar la dirección de la corriente si conocemos el voltaje inducido.**

15. En la parte gris de cada bobina de la figura 3 dibuje la dirección del campo magnético producido por la corriente. Use los símbolos  $\bullet$ ,  $\times$ .
16. Coloque el guía cilíndrico de papel en el centro de la bobina.
17. Imprima la gráfica anterior y borre la data (seleccione *Experiment* y luego *Delete ALL Data Runs*).
18. Coloque el polo norte del imán sobre el guía. Presione *Start* y deje que este se deslice hacia abajo. Presione *Stop*. Ajuste la escala para ver mejor la gráfica.

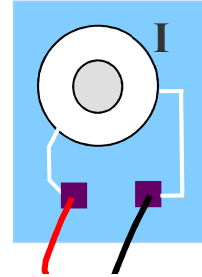


Figura 4

19. El pico que se observa salió hacia:  arriba  abajo.
20. El signo del voltaje inducido es:  positivo  negativo.

21. Dibuje la dirección de la corriente en la bobina de la figura 4 (use como referencia la figura 3).
22. En la parte gris de la bobina de la figura 4 dibuje la dirección del campo magnético producido por la corriente.
23. ¿A cuál polo corresponde el campo dibujado en la figura 4?

- Norte  Sur.

Así que si acercamos el polo Norte del imán a la bobina, se produce una corriente que genera un campo magnético con el polo \_\_\_\_\_ hacia arriba. ¿Cuál de los diagramas de la figura 5 ilustra lo ocurrido en el experimento?

- a)  b).

En la figura 5 (a) vemos que las líneas del campo magnético creado en la bobina apuntan en dirección opuesta a las líneas de campo del imán. Esto quiere decir que los campos en este caso tienen la tendencia a cancelarse. Imprima la gráfica anterior y borre la data (seleccione *Experiment* y luego *Delete ALL Data Runs*).

24. Coloque el polo norte del imán dentro de la bobina. Presione *Start* para tomar datos y espere 2 segundos. Saque el imán del centro del solenoide. Presione *Stop*. Ajuste la escala.

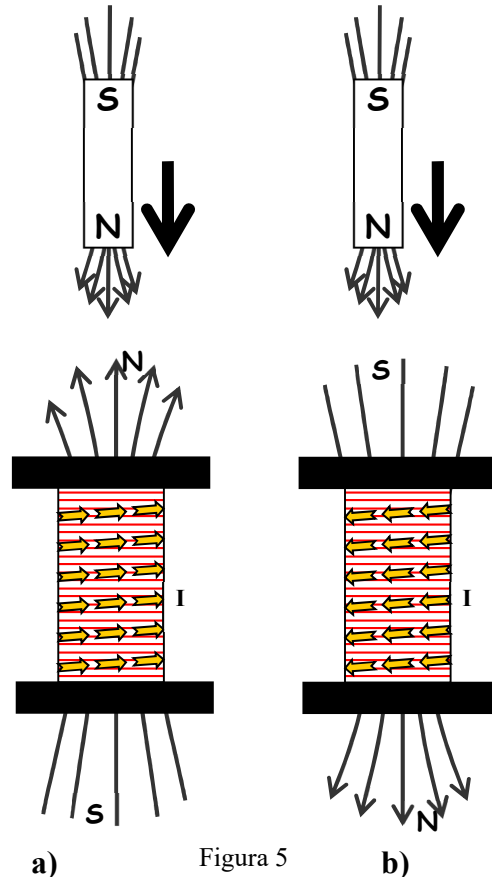
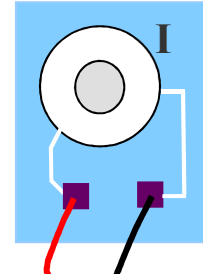


Figura 5

25. El pico que se observa salió hacia:  arriba  abajo.
26. El signo del voltaje inducido es:  positivo  negativo.
27. Dibuje la dirección de la corriente en la bobina de la figura 6 (use como referencia la figura 3).
28. En la parte gris de la bobina de la figura 6 dibuje la dirección magnético producido por la corriente.
29. ¿A cuál polo corresponde el campo dibujado en la figura 6?
- Norte  Sur.



(use como  
del campo

Figura 6

Así que si alejamos el polo Norte del imán a la bobina, se produce una corriente que genera un campo magnético con el polo \_\_\_\_\_ hacia arriba. ¿Cuál de los diagramas de la figura 7 ilustra lo ocurrido en el experimento?

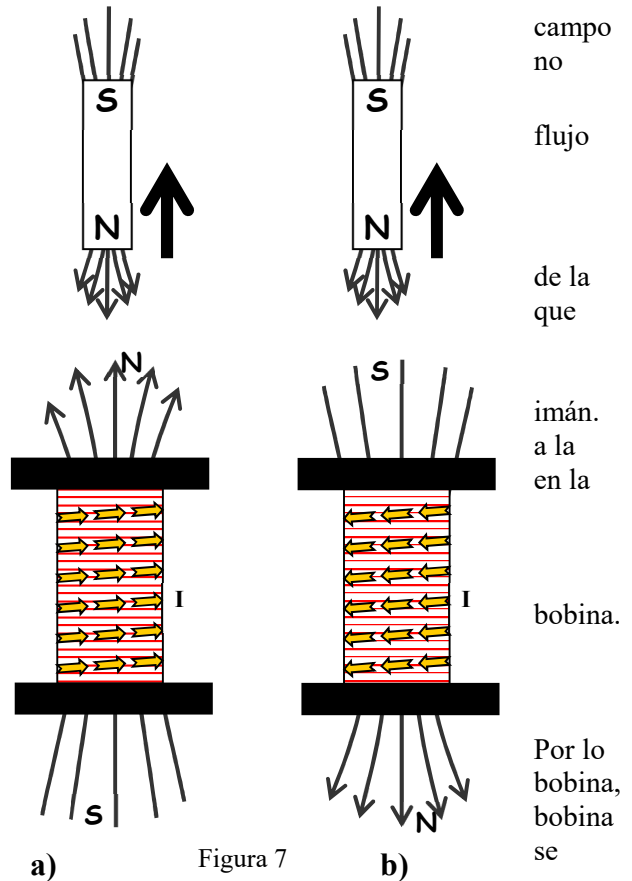
- a)  b).

En la figura 7 (b) vemos que las líneas del campo magnético creado en la bobina apuntan en la misma dirección que las líneas de campo del imán. Esto quiere decir que los campos en este caso tienen la tendencia a amplificarse. ¿Por qué?

Esto ocurre debido a que la corriente que se genera en la bobina produce un campo magnético que trata de mantener el flujo de campo magnético original. Si el imán no se mueve, el flujo de magnético a través de la bobina es constante, cambia. Matemáticamente decimos que  $\Delta\phi_B = 0T \cdot m^2$ , o sea, que el cambio en el magnético es cero.

Si acercamos el imán entonces hacemos aumentar el flujo de campo magnético a través bobina. En la bobina se induce una corriente produce un campo magnético que trata de restaurar el flujo original. Para hacer esto debe cancelar el exceso de flujo creado al mover el Por lo tanto, si el polo norte del imán se acerca bobina, entonces el polo del campo producido bobina es también norte.

Si por el contrario alejamos el imán, estamos disminuyendo el flujo magnético a través de la En la bobina se induce una corriente que produce un campo magnético que trata de restaurar el flujo original. Para hacer esto debe compensar la falta de flujo al mover el imán. tanto, si el polo norte del imán se aleja a la entonces el polo del campo producido en la es sur. De esta manera los campos se suman y



restablece el flujo de campo magnético original.

El hecho de que la polaridad del voltaje inducido en la bobina es tal que crea una corriente cuyo campo magnético se opone al cambio en el flujo magnético a través de esta es llamado la **Ley de Lenz**. Mediante las observaciones anteriores usted ha verificado este principio.

30. Podemos calcular el cambio en flujo magnético a través de la bobina usando la curva de voltaje vs. tiempo. Antes de hacer esto hay que resolver la ambigüedad en la calibración del sensor de voltaje. Es posible que en la parte donde la curva es plana el voltaje registrado por algunos sensores NO es cero. Esto es debido a que el sensor no está calibrado. Si ese es su caso consulte con su instructor para corregir la calibración. **ESTO ES DE SUMA IMPORTANCIA.**
31. Imprima la gráfica anterior y borre la data (seleccione *Experiment* y luego *Delete ALL Data Runs*).
32. Coloque el polo norte del imán dentro de la bobina. Presione *Start* para tomar datos y espere 2 segundos. Saque el imán del centro del solenoide. Presione *Stop*. Ajuste la escala.
33. La forma matemática de la Ley de Lenz es:

$$V = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

Si integramos esta ecuación obtenemos el resultado:

$$\Delta\phi_B = -\int V dt$$

En otras palabras, **el cambio en el flujo de campo magnético es igual al negativo del área bajo la curva de voltaje vs. tiempo.**

Para determinar el área bajo la curva de V vs. t presione la flecha a la derecha del icono de estadística (tiene el símbolo  $\Sigma$ ) y luego seleccione área. Anote el valor:

$$\text{área} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Determine el cambio en el flujo de campo magnético:

$$\Delta\phi_B = \underline{\hspace{2cm}}$$

34. Explique que significa este resultado, ¿qué significa el signo? \_\_\_\_\_

---

---

---

---

35. Imprima la gráfica y luego borre la data.
36. Coloque el guía cilíndrico de papel en el centro de la bobina.
37. Coloque el polo norte del imán sobre el guía. Presione *Start* y deje que este se deslice hacia abajo. Presione *Stop*. Ajuste la escala para ver mejor la gráfica.
38. Anote el valor del área:

área = \_\_\_\_\_.

Determine el cambio en el flujo de campo magnético:

$\Delta\phi_B =$  \_\_\_\_\_.

39. Explique que significa este resultado, ¿qué significa el signo? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

40. Imprima la gráfica y luego borre la data.

41. Coloque el polo norte del imán dentro de la bobina. Presione *Start* para tomar datos y **espere 1**



**segundo**. Saque el imán del centro del solenoide **lo más rápido que pueda**. Presione *Stop*.  
Ajuste la escala.

42. Anote el valor del área y el flujo en la tabla 1:

Se sacó el imán:	área	Cambio en flujo magnético
Rápido		
“Velocidad intermedia”		
Lento		

43. **NO BORRE LOS DATOS ESTA VEZ**. Nuevamente coloque el polo norte del imán dentro de la bobina. Presione *Start* para tomar datos y **espere 2 segundos**. Saque el imán del centro del solenoide **un poco más lento que en el caso anterior**. Presione *Stop*.

44. Determine el área de la curva (presione la flecha a la derecha del icono de estadística (tiene el símbolo  $\Sigma$ ) y luego seleccione área). Anote el valor del área y el flujo en la tabla 1.

45. **NO BORRE LOS DATOS ESTA VEZ**. Nuevamente coloque el polo norte del imán dentro de la bobina. Presione *Start* para tomar datos y **espere 3 segundos**. Saque el imán del centro del solenoide **lentamente**. Presione *Stop*.

46. Determine el área de la curva (presione la flecha a la derecha del icono de estadística (tiene el símbolo  $\Sigma$ ) y luego seleccione área). Anote el valor del área y el flujo en la tabla 1.

47. ¿Cómo comparan los valores de flujo en estos tres casos? Explique \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

48. ¿Por qué las curvas son diferentes? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



---

**Imprima la gráfica.**

# Preguntas Post-Laboratorio

Nombre \_\_\_\_\_

Sección \_\_\_\_\_

## I. Cierto o Falso

- \_\_\_\_\_ Un campo magnético se produce cuando se establece una corriente en un alambre conductor.
- \_\_\_\_\_ Para que se establezca una corriente inducida, no es necesario una diferencia en potencial.
- \_\_\_\_\_ La ley de Faraday relaciona el voltaje inducido en un alambre, al cambio en el flujo magnético a través de un lazo cerrado.
- \_\_\_\_\_ La corriente eléctrica inducida es tal que el campo magnético que ésta produce trata de mantener el flujo magnético constante.

## II. Determine la dirección del campo magnético correspondiente a la corriente en el siguiente alambre.



## III. En los siguientes solenoides y la corriente establecida en cada uno de ellos, dibuje la dirección del campo magnético y dónde se encuentran los polos Norte y Sur del campo.

