



DIVISION DE CIENCIAS BASICAS  
DEPARTAMENTO DE FISICA  
EXAMEN FINAL DE FISICA ELECTRICIDAD - 24.11.15

NOMBRE: \_\_\_\_\_

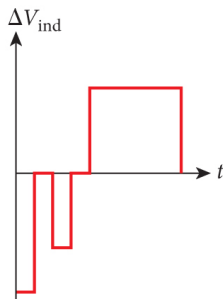
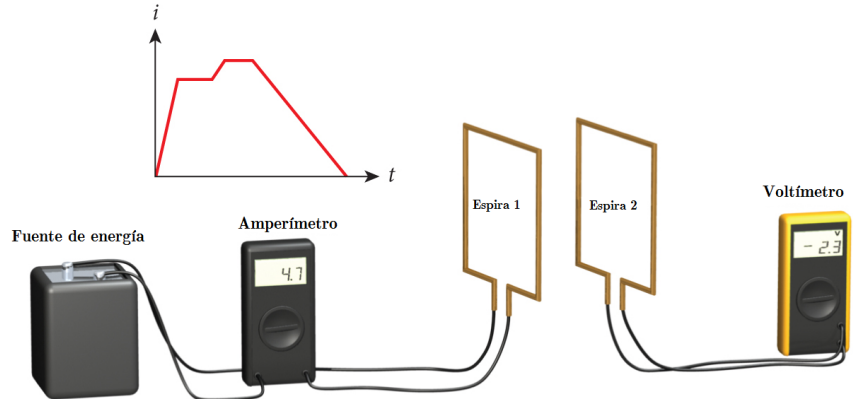
GRUPO: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:** Este examen consta de de cuatro componentes: Componente conceptual de 10 preguntas de selección múltiple, dos componentes de ejercicios y una componente experimental. Cada componente tiene la misma valoración. En los items del componente conceptual, seleccione la respuesta adecuada y coloquela en la caja de respuestas al final de la sección conceptual; use esquemas gráficos para justificar la respuesta seleccionada. Un tachón o borrón invalida la respuesta. En los items de componente de ejercicios escriba la respuesta sobre la línea. Cada ejercicio se debe resolver con un procedimiento claro y adecuado que incluya análisis gráfico, análisis físico, desarrollo algebraico y análisis dimensional, todo con la mejor caligrafía posible. En el componente experimental, sea claro en sus respuestas, justificando su respuesta. La duración de este examen es de 2 horas máximo. Se prohíbe el uso de celulares, tablets, computadores. Solo calculadoras sencillas. OJO CON EL FRAUDE!!! NO SE RESPONDEN PREGUNTAS DURANTE EL EXAMEN!

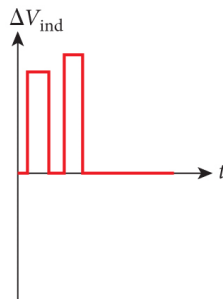
**COMPONENTE CONCEPTUAL**

1. (Valoración 0.5) Una fuente de energía se conecta a la espira 1 y a un amperímetro, como se muestra en la figura. La espira 2 está cercana a la espira 1 y está conectada a un voltímetro. En la figura también se muestra una gráfica de la corriente  $i$  por la espira 1 como una función del tiempo. La gráfica que mejor describe la fem inducida ( $\Delta V_{ind}$ ), en la espira 2 como función del tiempo es:

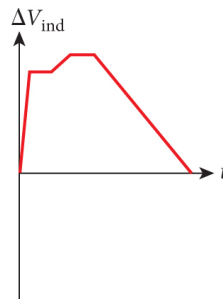
- (a) Gráfica 1      (b) Gráfica 2      (c) Gráfica 3      (d) Gráfica 4



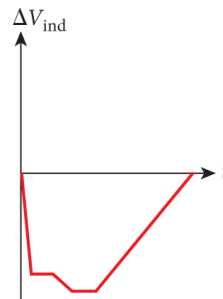
Gráfica 1



Gráfica 2



Gráfica 3

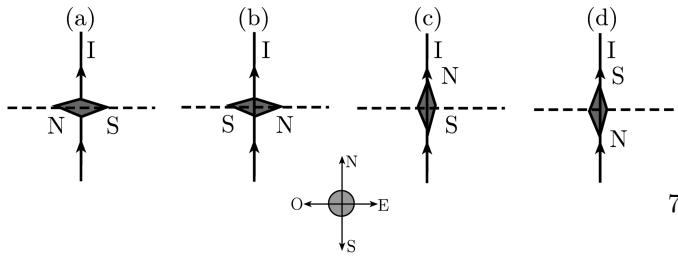


Gráfica 4

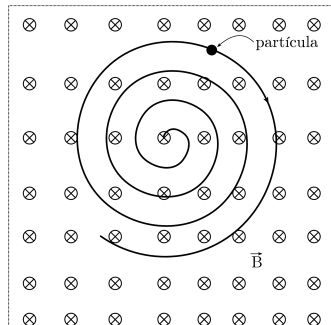
2. (**Valoración 0.5**) Un electrón y un protón con la misma energía cinética describen trayectorias circunferenciales en un mismo campo magnético uniforme. La carga del protón y del electrón son  $|q| = 1.60 \times 10^{-19}$  C, la masa del electrón es  $m = 9.1 \times 10^{-31}$  kg y la masa del protón es  $m = 1.67 \times 10^{-27}$  kg. Respecto al periodo de revolución de ambas partículas, se puede afirmar que:

- (a) Los periodos son iguales.
- (b) El periodo del electrón es dos veces mayor.
- (c) El periodo del protón es mayor.
- (d) El periodo del protón es menor.
- (e) No se puede precisar.

3. (**Valoración 0.5**) Se tiene un alambre recto muy largo orientado en la dirección norte-sur terrestre que conduce una corriente estable con sentido hacia el norte terrestre. ¿Qué orientación adoptará una brújula ubicada sobre el alambre?. Escribe (e) si consideras que ninguna de las situaciones mostradas es la respuesta.



4. (**Valoración 0.5**) Un campo magnético uniforme entra perpendicularmente al plano de la página. Una partícula cargada, se mueve en el plano de la página en una trayectoria espiral en sentido horario de radio decreciente, como se muestra en la figura. Es correcto afirmar que:



- (a) La carga es positiva y acelera.
- (b) La carga es negativa y acelera.
- (c) La carga es positiva y desacelera.
- (d) La carga es negativa y desacelera.
- (e) La carga es positiva y su rapidez es constante.

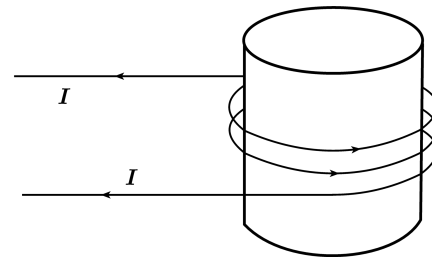
5. (**Valoración 0.5**) Un alambre largo y recto que conduce una corriente eléctrica estable origina un campo magnético en puntos de su vecindad. Con respecto a las líneas de campo magnético, es correcto afirmar que:

- (a) Son líneas rectas en la dirección de la corriente.
- (b) Son líneas rectas opuestas a la dirección de la corriente.
- (c) Son líneas radiales hacia fuera, desde el alambre.
- (d) Son líneas radiales hacia el alambre.
- (e) Son circunferencias concéntricas, con eje de simetría a lo largo del alambre.

6. (**Valoración 0.5**) Dos cables rectos, largos y paralelos conducen corrientes iguales, y en sentidos opuestos. En el punto medio entre los cables, el campo magnético neto es:

- (a) Cero.
- (b) Diferente de cero y a lo largo de una línea que conecta los cables.
- (c) Diferente de cero y paralelo a los cables.
- (d) Diferente de cero y perpendicular al plano de los dos cables.
- (e) No hay suficiente información para predecir este resultado.

7. (**Valoración 0.5**) Con respecto a las líneas de campo magnético dentro del solenoide que se muestra en la figura, es correcto afirmar que:



- (a) Son círculos en sentido horario visto desde la parte superior de la página.
- (b) Son círculos en sentido antihorario visto desde la parte superior de la página.
- (c) Son líneas dirigidas hacia la parte superior de la página.
- (d) Son líneas dirigidas hacia la parte inferior de la página.
- (e) Son líneas radiales desde el centro del núcleo.

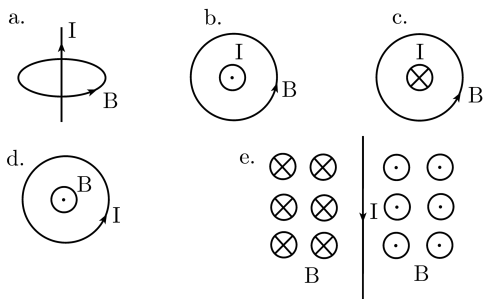
8. (**Valoración 0.5**) Es unidad de intensidad del campo magnético:

- (a) Gauss.
- (b) Faradio.

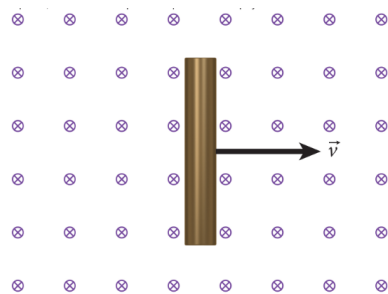
- (c) Ampere.
- (d) Voltio
- (e) Watts.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

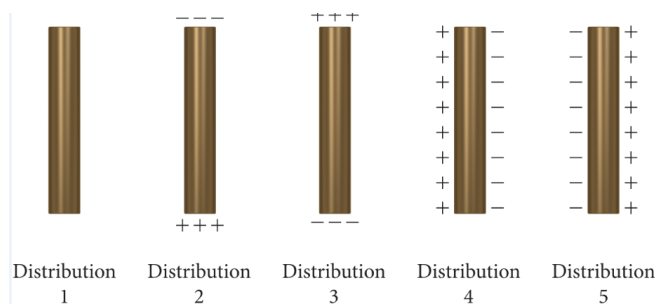
9. (**Valoración 0.5**) Entre los siguientes esquemas, existe uno que no es una representación correcta relacionada con el sentido de la corriente  $I$  y la dirección del campo magnético  $B$ . Escoja la letra correspondiente.



10. (**Valoración 0.5**) Una barra metálica se mueve con velocidad constante, a través de un campo magnético uniforme que apunta hacia la página, como muestra la figura.

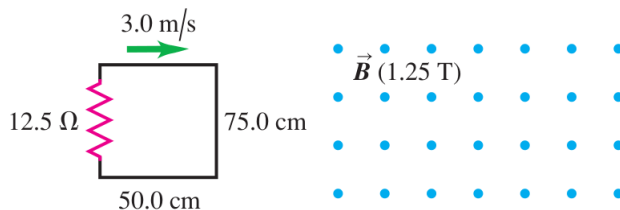


Cuál de las siguientes opciones representa con más precisión la distribución de carga sobre la superficie de la barra metálica?



- (a) Distribución 1
- (b) Distribución 2
- (c) Distribución 3
- (d) Distribución 4
- (e) Distribución 5

**COMPONENTE DE EJERCICIO 1**



Un circuito rectangular se mueve a una velocidad constante de 3.0 m/s, hacia, a través de y luego hacia afuera de un campo magnético uniforme de 12.5 T, como se muestra en la figura. La región del campo magnético tiene un ancho de 1 m

- (a) (**Valoración 0.5**) La magnitud de la corriente inducida en el circuito conforme está entrando al campo magnético es:\_\_\_\_\_.
- (b) (**Valoración 0.5**) El sentido de la corriente inducida en el circuito conforme está entrando al campo magnético es (sentido horario o antihorario):\_\_\_\_\_.
- (c) (**Valoración 0.5**) La potencia disipada cuando está entrando al campo magnético es:\_\_\_\_\_.
- (d) (**Valoración 0.5**) La magnitud de la corriente inducida en el circuito cuando está totalmente dentro del campo magnético, pero aún moviéndose es:\_\_\_\_\_.
- (e) (**Valoración 0.5**) La fuerza neta cuando está totalmente dentro del campo magnético, pero aún moviéndose es:\_\_\_\_\_.
- (f) (**Valoración 0.5**) La magnitud de la corriente inducida en el circuito cuando está saliendo del campo magnético es:\_\_\_\_\_.
- (g) (**Valoración 0.5**) El sentido de la corriente inducida en el circuito cuando está saliendo del campo magnético es (sentido horario o antihorario):\_\_\_\_\_.
- (h) (**Valoración 0.5**) La fuerza neta cuando está saliendo del campo magnético es:\_\_\_\_\_.

**COLOQUE SUS RESPUESTAS AQUÍ**

(i) (**Valoración 1.0**) Elabore una gráfica de la corriente en este circuito en función del tiempo, incluyendo los tres casos anteriores.

(a) (**Valoración 0.5**) La diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre los extremos del resistor  $R_1$  es:\_\_\_\_\_.

(b) (**Valoración 0.5**) En  $t = 0$ , la rapidez con la que varía la corriente en el inductor es:\_\_\_\_\_.

(c) (**Valoración 0.5**) La diferencia de potencial  $V_{cd}$  entre los extremos del inductor  $L$  es:\_\_\_\_\_.

(d) (**Valoración 0.5**) ¿cuál punto,  $c$  o  $d$ , está a un potencial más alto?\_\_\_\_\_.

Se deja cerrado el interruptor durante mucho tiempo

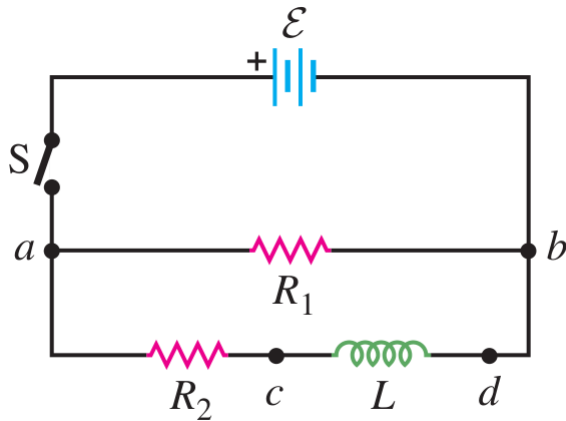
(e) (**Valoración 0.5**) La energía máxima almacenada en el inductor es:\_\_\_\_\_.

(f) (**Valoración 0.5**) La potencia en el inductor es:\_\_\_\_\_.

**COMPONENTE DE EJERCICIO 2**

En el circuito que se presenta en la figura,  $\varepsilon = 60.0$  V,  $R_1 = 40.0 \Omega$ ,  $R_2 = 25.0 \Omega$  y  $L = 0.300$  H. Asuma que la inductancia tiene un resistencia interna despreciable. El interruptor  $S$  se cierra en  $t = 0$ . Inmediatamente después de cerrar el interruptor,

Ahora se abre el interruptor. Inmediatamente después de abrir el interruptor



(g) (**Valoración 0.5**) La diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre los extremos del resistor  $R_1$  es \_\_\_\_\_.

(h) (**Valoración 0.5**) ¿cuál punto,  $a$  o  $b$ , está a un potencial más alto?\_\_\_\_\_.

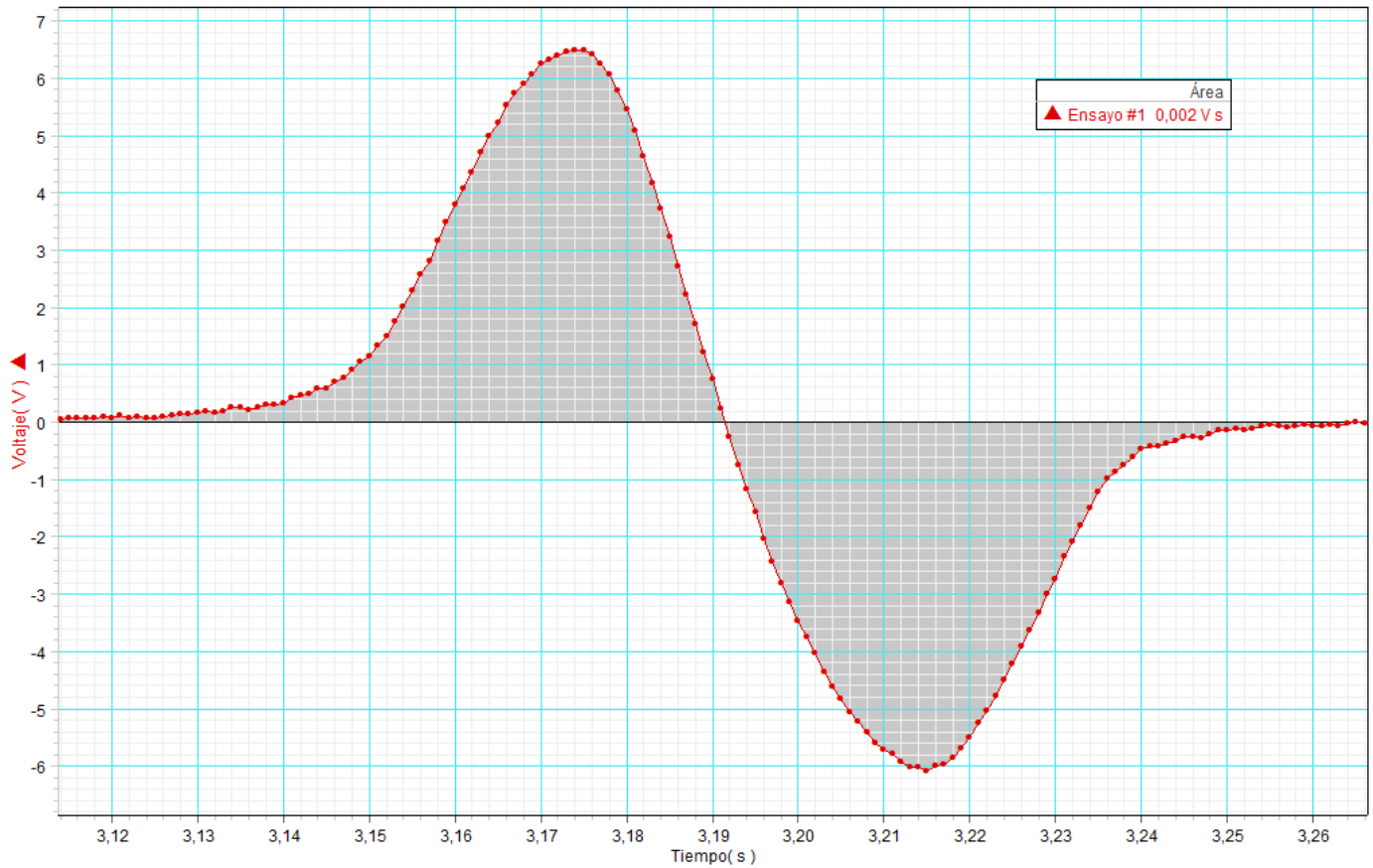
(i) (**Valoración 0.5**) La diferencia de potencial  $V_{cd}$  entre los extremos del inductor  $L$  es \_\_\_\_\_.

Después que ha transcurrido un tiempo igual a una constante de tiempo  $\tau$

(j) (**Valoración 0.5**) La energía almacenada en el inductor es:\_\_\_\_\_.

## COMPONENTE EXPERIMENTAL

Considere el gráfico siguiente obtenido en la práctica de laboratorio sobre inducción electromagnética. El gráfico corresponde a la FEM inducida  $\mathcal{E}$  al lanzar un imán (AlNiCo) al interior de una bobina de 3200 espiras.



- (Valoración 1.25) ¿Por qué se generan los dos picos?
- (Valoración 1.25) ¿Qué significado físico tiene el valor de la altura de los picos?
- (Valoración 1.25) ¿Qué significado físico tiene el área sombreada? Justifique su respuesta.
- (Valoración 1.25) ¿Las áreas sombreadas debe ser iguales. ¿Por qué?

## RESUMEN DE EXPRESIONES MATEMÁTICAS ÚTILES

$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$	$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$	$R = \frac{mv}{qv}$	$\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$	$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B}$
$\mathbf{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{q\mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$	$d\mathbf{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Id\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$	$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$	$\frac{F}{l} = \frac{\mu_o I I'}{2\pi r}$	$B_x = \frac{\mu_o I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$
$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_o I_{\text{enc}}$	$B = \mu_o n I$	$B = \frac{\mu_o I}{2\pi} \frac{r}{R^2}$	$B = \frac{\mu_o N I}{2\pi r}$	$\mathcal{E} = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$
$\mathcal{E} = vBL$	$\mathcal{E} = \oint (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l}$	$\mathcal{E} = -L \frac{di}{dt}$	$L = \frac{N\Phi_B}{i}$	$M = \frac{N_2\Phi_{B_2}}{i_1} = \frac{N_1\Phi_{B_1}}{i_2}$
$u = \frac{B^2}{2\mu_o}$	$\tau = \frac{L}{R}$	$U = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}$	$B_x = \frac{\mu_o N I}{2a}$	$i_D = \epsilon \frac{d\Phi_E}{dt}$
$U = \frac{1}{2} L I^2$	$\omega = \frac{qB}{m}$	$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$	$i = \frac{\mathcal{E}}{R} [1 - e^{-(R/L)t}]$	$i = I_o e^{-(R/L)t}$
$T = \frac{2\pi}{\omega}$	$V = IR$	$P = I^2 R$		

**INSTRUCCIONES:** Este examen consta de de cuatro componentes: Componente conceptual de 10 preguntas de selección múltiple, dos componentes de ejercicios y una componente experimental. Cada componente tiene la misma valoración. En los items del componente conceptual, seleccione la respuesta adecuada y coloquela en la caja de respuestas al final de la sección conceptual; use esquemas gráficos para justificar la respuesta seleccionada. Un tachón o borrón invalida la respuesta. En los items de componente de ejercicios escriba la respuesta sobre la línea. Cada ejercicio se debe resolver con un procedimiento claro y adecuado que incluya análisis gráfico, análisis físico, desarrollo algebraico y análisis dimensional, todo con la mejor caligrafía posible. En el componente experimental, sea claro en sus respuestas, justificando su respuesta. La duración de este examen es de 2 horas máximo. Se prohíbe el uso de celulares, tablets, computadores. Solo calculadoras sencillas. OJO CON EL FRAUDE!!! NO SE RESPONDEN PREGUNTAS DURANTE EL EXAMEN!

**COMPONENTE CONCEPTUAL**

1. (**Valoración 0.5**) Un alambre largo y recto que conduce una corriente eléctrica estable origina un campo magnético en puntos de su vecindad. Con respecto a las líneas de campo magnético, es correcto afirmar que:

- (a) Son líneas rectas en la dirección de la corriente.
- (b) Son líneas rectas opuestas a la dirección de la corriente.
- (c) Son líneas radiales hacia fuera, desde el alambre.
- (d) Son líneas radiales hacia el alambre.
- (e) Son circunferencias concéntricas, con eje de simetría a lo largo del alambre.

2. (**Valoración 0.5**) Un electrón y un protón con la misma energía cinética describen trayectorias circunferenciales en un mismo campo magnético uniforme. La carga del protón y del electrón son  $|q| = 1.60 \times 10^{-19}$  C, la masa del electrón es  $m = 9.1 \times 10^{-31}$  kg y la masa del protón es  $m = 1.67 \times 10^{-27}$  kg. Respecto al periodo de revolución de ambas partículas, se puede afirmar que:

- (a) Los periodos son iguales.
- (b) El periodo del electrón es dos veces mayor.
- (c) El periodo del protón es mayor.
- (d) El periodo del protón es menor.
- (e) No se puede precisar.

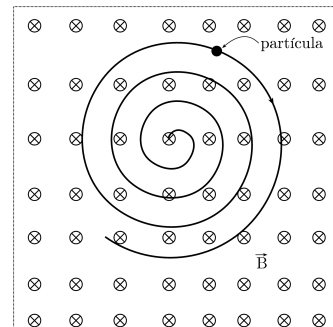
3. (**Valoración 0.5**) Es unidad de intensidad del campo magnético:

- (a) Gauss.
- (b) Faradio.
- (c) Ampere.

(d) Voltio

(e) Watts.

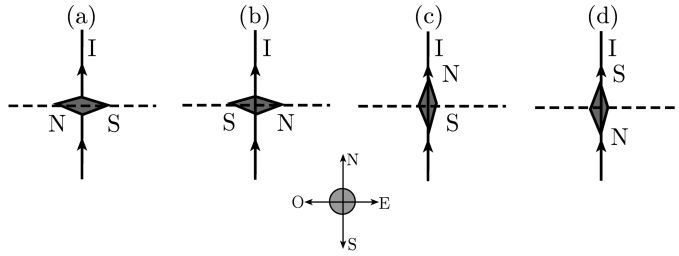
4. (**Valoración 0.5**) Un campo magnético uniforme entra perpendicularmente al plano de la página. Una partícula cargada, se mueve en el plano de la página en una trayectoria espiral en sentido horario de radio decreciente, como se muestra en la figura. Es correcto afirmar que:



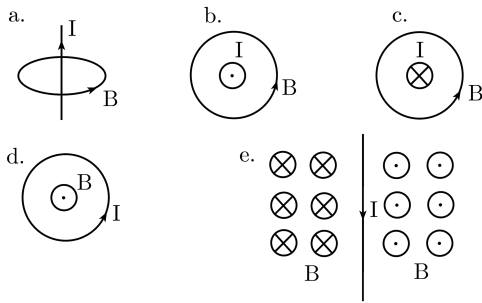
- (a) La carga es positiva y acelera.
- (b) La carga es negativa y acelera.
- (c) La carga es positiva y desacelera.
- (d) La carga es negativa y desacelera.
- (e) La carga es positiva y su rapidez es constante.

5. (**Valoración 0.5**) Se tiene un alambre recto muy largo orientado en la dirección norte-sur terrestre que conduce una corriente estable con sentido hacia el norte terrestre. ¿Qué orientación adoptará una brújula ubicada sobre el alambre?. Escribe (e) si consideras que ninguna de las situaciones mostradas

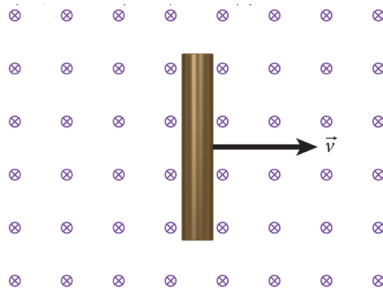
es la respuesta



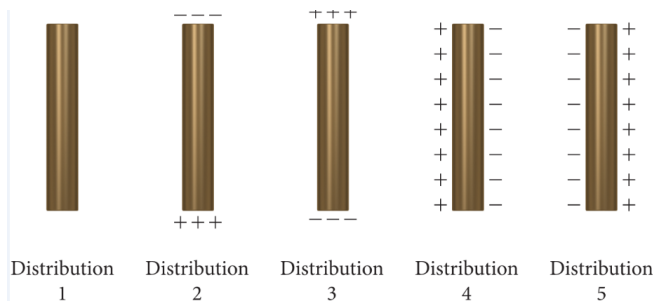
6. (**Valoración 0.5**) Entre los siguientes esquemas, existe uno que no es una representación correcta relacionada con el sentido de la corriente  $I$  y la dirección del campo magnético  $B$ . Escoja la letra correspondiente.



7. (**Valoración 0.5**) Una barra metálica se mueve con velocidad constante, a través de un campo magnético uniforme que apunta hacia la página, como muestra la figura.



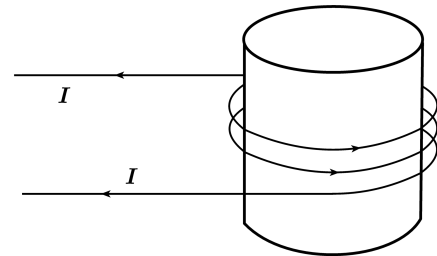
Cuál de las siguientes opciones representa con mas precisión la distribución de carga sobre la superficie de la barra metálica?



10. (**Valoración 0.5**) Una fuente de energía se conecta a la espira 1 y a un amperímetro, como se muestra en la figura. La espira 2 está cercana a la espira 1 y está conectada a un voltímetro. En la figura también se muestra una gráfica de la corriente  $i$  por la espira 1 como una función del tiempo. La gráfica que mejor describe la fem

- (a) Distribución 1
- (b) Distribución 2
- (c) Distribución 3
- (d) Distribución 4
- (e) Distribución 5

8. (**Valoración 0.5**) Con respecto a las líneas de campo magnético dentro del solenoide que se muestra en la figura, es correcto afirmar que:



- (a) Son círculos en sentido horario visto desde la parte superior de la página.
- (b) Son círculos en sentido antihorario visto desde la parte superior de la página.
- (c) Son líneas dirigidas hacia la parte superior de la página.
- (d) Son líneas dirigidas hacia la parte inferior de la página.
- (e) Son líneas radiales desde el centro del núcleo.

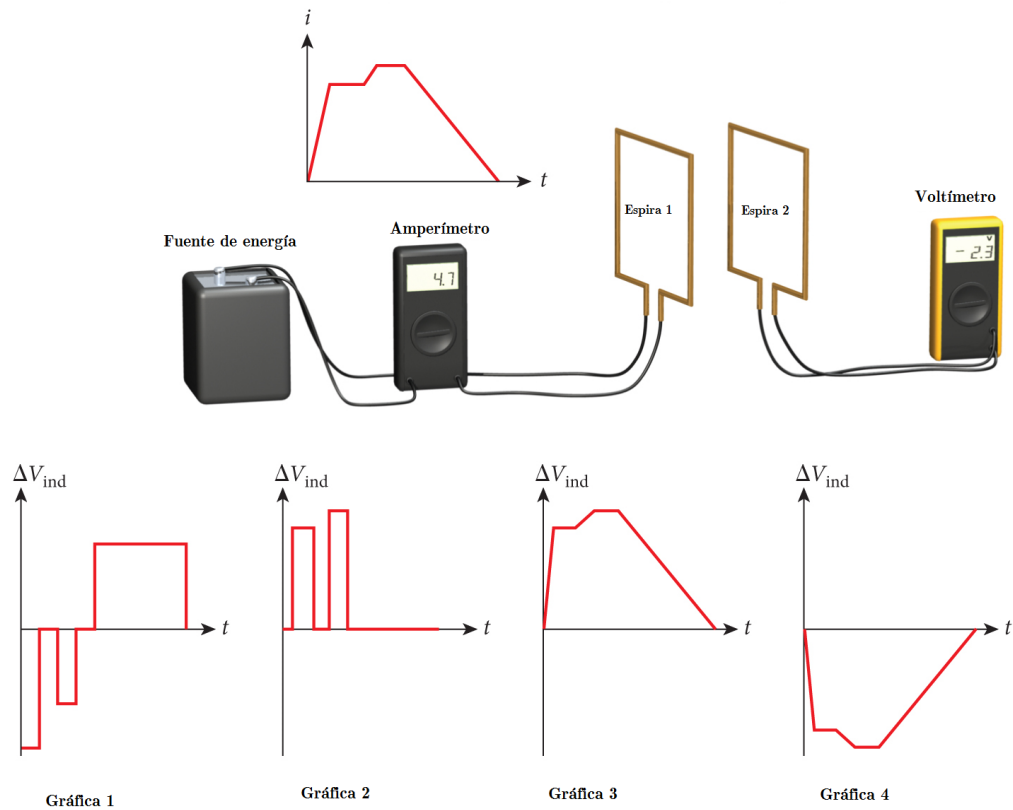
9. (**Valoración 0.5**) Dos cables rectos, largos y paralelos conducen corrientes iguales, y en sentidos opuestos. En el punto medio entre los cables, el campo magnético neto es:

- (a) Cero.
- (b) Diferente de cero y a lo largo de una línea que conecta los cables.
- (c) Diferente de cero y paralelo a los cables.
- (d) Diferente de cero y perpendicular al plano de los dos cables.
- (e) No hay suficiente información para predecir este resultado.



inducida ( $\Delta V_{\text{ind}}$ ), en la espira 2 como función del tiempo es:

- (a) Gráfica 1    (b) Gráfica 2    (c) Gráfica 3    (d) Gráfica 4

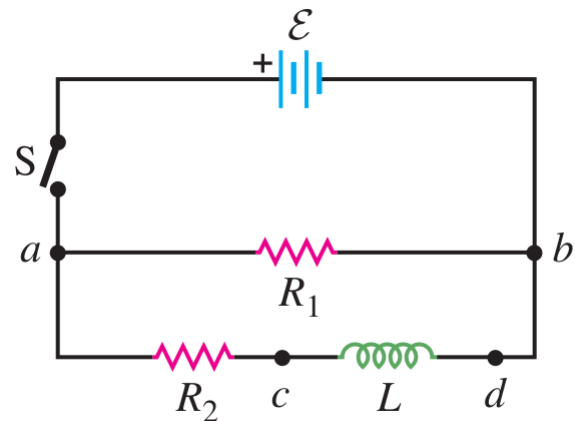


COLOQUE SUS RESPUESTAS AQUÍ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

COMPONENTE DE EJERCICIO 1

de cerrar el interruptor,



En el circuito que se presenta en la figura,  $\mathcal{E} = 60.0 \text{ V}$ ,  $R_1 = 40.0 \Omega$ ,  $R_2 = 25.0 \Omega$  y  $L = 0.300 \text{ H}$ . Asuma que la inductancia tiene un resistencia interna despreciable. El interruptor  $S$  se cierra en  $t = 0$ . Inmediatamente después

- (a) (*Valoración 0.5*) La diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre los extremos del resistor  $R_1$

es:\_\_\_\_\_.

- (b) **(Valoración 0.5)** En  $t = 0$ , la rapidez con la que varía la corriente en el inductor es:\_\_\_\_\_.
- (c) **(Valoración 0.5)** La diferencia de potencial  $V_{cd}$  entre los extremos del inductor  $L$  es:\_\_\_\_\_.
- (d) **(Valoración 0.5)** ¿cuál punto,  $c$  o  $d$ , está a un potencial más alto?\_\_\_\_\_.

Se deja cerrado el interruptor durante mucho tiempo

- (e) **(Valoración 0.5)** La energía máxima almacenada en el inductor es:\_\_\_\_\_.
- (f) **(Valoración 0.5)** La potencia en el inductor es:\_\_\_\_\_.

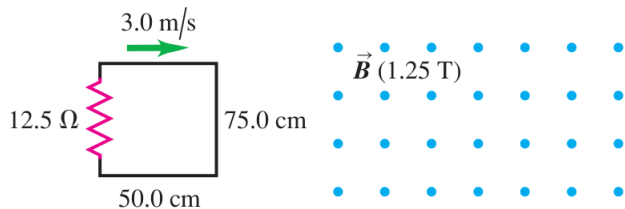
Ahora se abre el interruptor. Inmediatamente después de abrir el interruptor

- (g) **(Valoración 0.5)** La diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre los extremos del resistor  $R_1$  es \_\_\_\_\_.
- (h) **(Valoración 0.5)** ¿cuál punto,  $a$  o  $b$ , está a un potencial más alto?\_\_\_\_\_.
- (i) **(Valoración 0.5)** La diferencia de potencial  $V_{cd}$  entre los extremos del inductor  $L$  es \_\_\_\_\_.

Después que ha transcurrido un tiempo igual a una constante de tiempo  $\tau$

- (j) **(Valoración 0.5)** La energía almacenada en el inductor es:\_\_\_\_\_.

**COMPONENTE DE EJERCICIO 2**



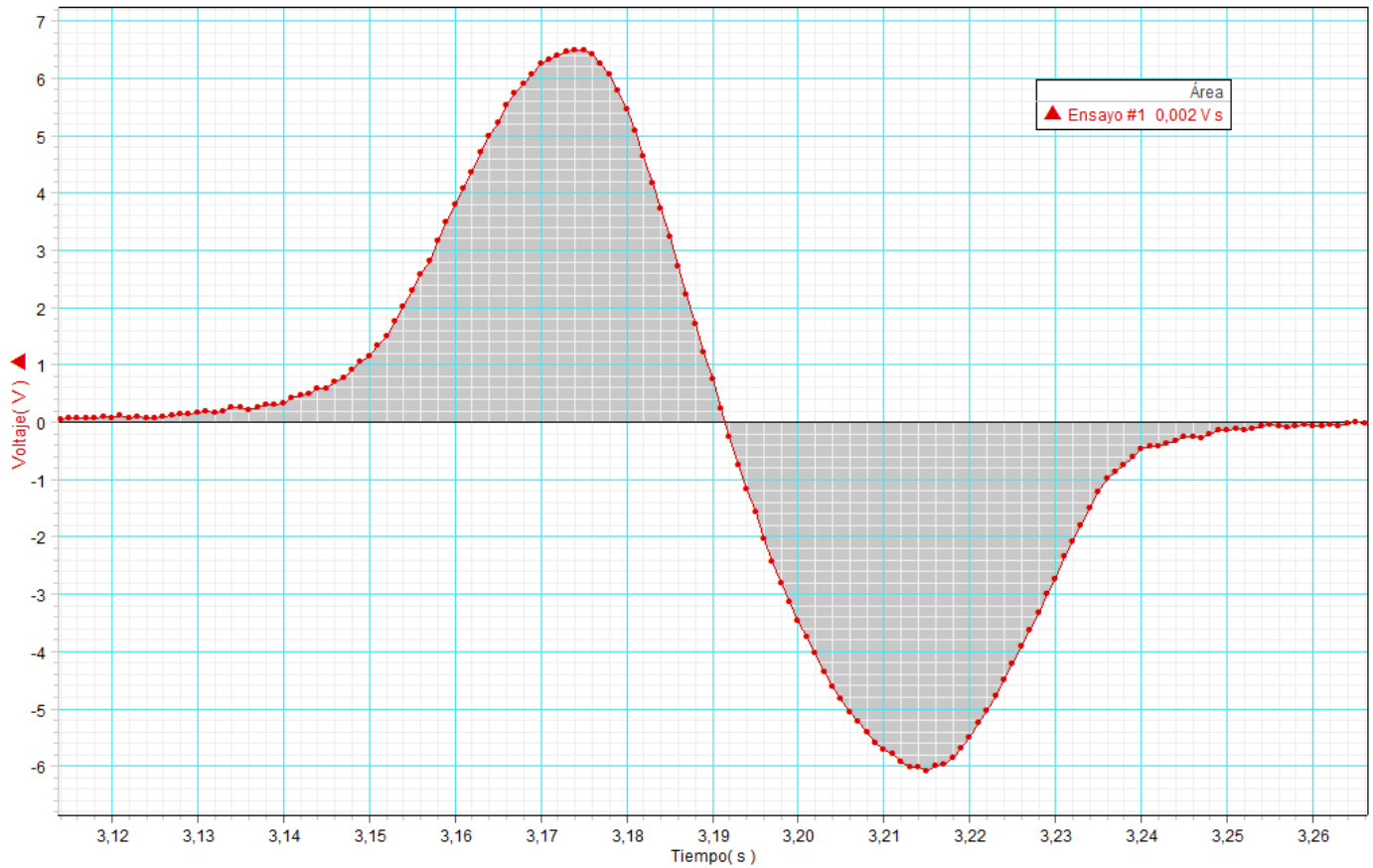
Un circuito rectangular se mueve a una velocidad constante de 3.0 m/s, hacia, a través de y luego hacia afuera de un campo magnético uniforme de 1.25 T, como se muestra en la figura. La región del campo magnético tiene un ancho de 1 m

- (a) **(Valoración 0.5)** La magnitud de la corriente inducida en el circuito conforme está entrando al campo magnético es:\_\_\_\_\_.
- (b) **(Valoración 0.5)** El sentido de la corriente inducida en el circuito conforme está entrando al campo magnético es (sentido horario o antihorario):\_\_\_\_\_.
- (c) **(Valoración 0.5)** La potencia disipada cuando está entrando al campo magnético es:\_\_\_\_\_.
- (d) **(Valoración 0.5)** La magnitud de la corriente inducida en el circuito cuando está totalmente dentro del campo magnético, pero aún moviéndose es:\_\_\_\_\_.
- (e) **(Valoración 0.5)** La fuerza neta cuando está totalmente dentro del campo magnético, pero aún moviéndose es:\_\_\_\_\_.
- (f) **(Valoración 0.5)** La magnitud de la corriente inducida en el circuito cuando está saliendo del campo magnético es:\_\_\_\_\_.
- (g) **(Valoración 0.5)** El sentido de la corriente inducida en el circuito cuando está saliendo del campo magnético es (sentido horario o antihorario):\_\_\_\_\_.

- (h) **(Valoración 0.5)** La fuerza neta cuando está saliendo del campo magnético es:\_\_\_\_\_.
- (i) **(Valoración 1.0)** Elabore una gráfica de la corriente en este circuito en función del tiempo, incluyendo los tres casos anteriores.

## COMPONENTE EXPERIMENTAL

Considere el gráfico siguiente obtenido en la práctica de laboratorio sobre inducción electromagnética. El gráfico corresponde a la FEM inducida  $\mathcal{E}$  al lanzar un imán (AlNiCo) al interior de una bobina de 3200 espiras.



- (Valoración 1.25) ¿Por qué se generan los dos picos?
- (Valoración 1.25) ¿Qué significado físico tiene el valor de la altura de los picos?
- (Valoración 1.25) ¿Qué significado físico tiene el área sombreada? Justifique su respuesta.
- (Valoración 1.25) ¿Las áreas sombreadas debe ser iguales. ¿Por qué?

## RESUMEN DE EXPRESIONES MATEMÁTICAS ÚTILES

$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$	$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$	$R = \frac{mv}{qv}$	$\mathbf{F} = I\mathbf{l} \times \mathbf{B}$	$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B}$
$\mathbf{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{q\mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$	$d\mathbf{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{Id\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$	$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$	$\frac{F}{l} = \frac{\mu_o I I'}{2\pi r}$	$B_x = \frac{\mu_o I a^2}{2(x^2 + a^2)^{3/2}}$
$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_o I_{\text{enc}}$	$B = \mu_o nI$	$B = \frac{\mu_o I}{2\pi} \frac{r}{R^2}$	$B = \frac{\mu_o NI}{2\pi r}$	$\mathcal{E} = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$
$\mathcal{E} = vBL$	$\mathcal{E} = \oint (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l}$	$\mathcal{E} = -L \frac{di}{dt}$	$L = \frac{N\Phi_B}{i}$	$M = \frac{N_2\Phi_{B_2}}{i_1} = \frac{N_1\Phi_{B_1}}{i_2}$
$u = \frac{B^2}{2\mu_o}$	$\tau = \frac{L}{R}$	$U = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}$	$B_x = \frac{\mu_o NI}{2a}$	$i_D = \epsilon \frac{d\Phi_E}{dt}$
$U = \frac{1}{2} LI^2$	$\omega = \frac{qB}{m}$	$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$	$i = \frac{\mathcal{E}}{R} [1 - e^{-(R/L)t}]$	$i = I_o e^{-(R/L)t}$
$T = \frac{2\pi}{\omega}$	$V = IR$	$P = I^2 R$		