

# Guía de Victorias Rápidas – Electromagnetismo

## Tanda 1 y 1B: Fundamentos y Confianza

24 de febrero de 2026

### Plan de Estudio – Tanda 1B (entre Tanda 1 y Tanda 2)

**Objetivo:** Reforzar la Tanda 1 con 10 ejercicios adicionales que suben *muy levemente* el nivel.

**Nivel:** Conceptuales más profundos + primeros cálculos de 1–3 pasos.

#### Temas cubiertos:

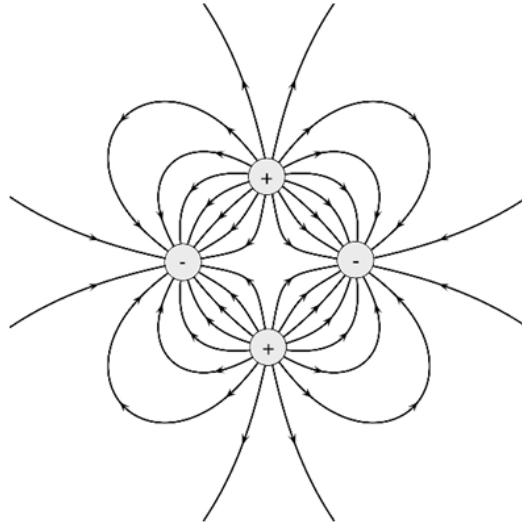
1. Líneas de campo eléctrico: interpretación visual
2. Inductancia en serie: efecto sobre la corriente (AC)
3. Transformador ideal: razón de vueltas
4. Ampolletas en serie y paralelo: observación experimental
5. Campo eléctrico: plano conductor + esfera
6. Ley de Faraday: voltaje inducido (derivada de flujo)
7. Pérdida de potencia en transmisión eléctrica
8. Puente de Wheatstone: equilibrio
9. Frecuencia de resonancia de circuito LRC
10. Generador homopolar: FEM por rotación

## Ejercicio 1 – ¿Qué representan las líneas entre cargas? (Conceptual)

*Fuente: Pregunta 16 – 2019-2*

### Enunciado

Se tienen 4 cargas puntuales unidas por líneas (ver figura). ¿Qué representan las líneas?



- a) Líneas de fuerza eléctrica.
- b) Trayectorias equipotenciales.
- c) Líneas de voltaje.
- d) Líneas de campo eléctrico.

### Solución paso a paso

#### Paso 1: ¿Qué vemos en la figura?

Las líneas **nacen** en las cargas positivas y **terminan** en las cargas negativas. Esta es la definición exacta de **líneas de campo eléctrico**.

#### Paso 2: ¿Por qué no “líneas de fuerza”?

Las opciones a) y d) son muy similares. “Líneas de fuerza” es un término antiguo (de Faraday), mientras que “líneas de campo eléctrico” es la terminología moderna y estándar. La fuerza depende de la carga prueba ( $\vec{F} = q\vec{E}$ ), pero el campo existe independientemente de ella. La respuesta correcta usa la terminología precisa.

#### Paso 3: Descartamos b) y c)

- b) Las equipotenciales son superficies donde  $V = \text{cte}$ ; son **perpendiculares** a las líneas de campo (Tanda 1, Ej. 4), no paralelas.
- c) “Líneas de voltaje” no es un término estándar en electromagnetismo.

**Propiedades clave de las líneas de campo:**

- Salen de +, entran en –
- Nunca se cruzan entre sí
- Su **densidad** es proporcional a  $|\vec{E}|$
- Son tangentes al vector  $\vec{E}$  en cada punto

Respuesta: d)

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

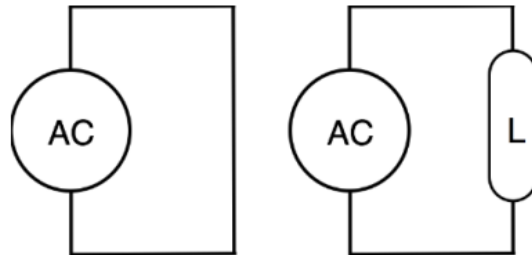
- **Electrostatic Fields (Pág. 355):**  $\vec{E} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r^2} \hat{a}_r$  (Coulomb). Las líneas de campo parten de cargas positivas y terminan en negativas.
- La densidad de líneas es proporcional a  $|\vec{E}|$ .

## Ejercicio 2 – Agregar inductancia en serie a circuito AC (Conceptual + fórmula)

Fuente: Pregunta 20 – 2017-2

### Enunciado

Se introduce una inductancia  $L$  en serie a un circuito resistivo original alimentado con corriente alterna (AC). ¿Qué sucede con la corriente original?



- Disminuye su intensidad.
- Aumenta su intensidad.
- Cambia su frecuencia.
- No cambia.

## Solución paso a paso

### Paso 1: Circuito original (solo $R$ )

Con solo una resistencia, la impedancia es simplemente  $Z_0 = R$ . La corriente es:

$$I_0 = \frac{V}{R}$$

### Paso 2: Circuito nuevo ( $R + L$ en serie)

Al agregar un inductor, la impedancia total se calcula con la fórmula:

$$Z_{nuevo} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

Como  $\omega L > 0$ , entonces  $Z_{nuevo} > R$  siempre. Es como sumar un “obstáculo extra” al flujo de corriente.

### Paso 3: ¿Qué pasa con la corriente?

La nueva corriente es:

$$I_{nuevo} = \frac{V}{Z_{nuevo}} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} < \frac{V}{R} = I_0$$

Mayor impedancia  $\Rightarrow$  menor corriente. La corriente **disminuye**.

### Paso 4: ¿Por qué no cambia la frecuencia?

La frecuencia la impone la **fuentes**, no los componentes del circuito. Un inductor o capacitor cambian la amplitud y la fase de la corriente, pero **nunca la frecuencia**.

Respuesta: a)

**¡Lo que dice el Handbook FE!** Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

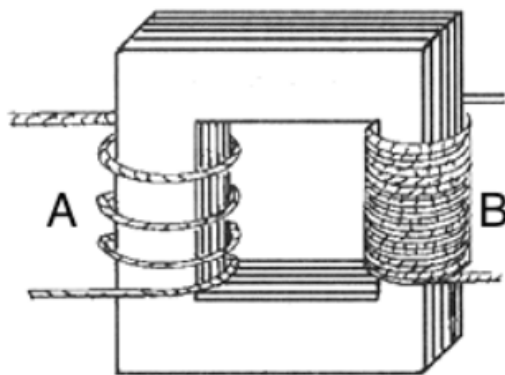
- **Impedance Table (Pág. 361):**  $Z_L = j\omega L$ , reactancia  $= \omega L$ . Las impedancias en serie se suman.
- **Inductors (Pág. 359):**  $v_L(t) = L di_L/dt$ .
- $|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} > R$ , por lo que la corriente siempre disminuye al agregar  $L$  en serie.

## Ejercicio 3 – Transformador: razón de vueltas (1 fórmula)

*Fuente: Pregunta 18 – 2016-2*

### Enunciado

Un núcleo de un transformador está conectado a dos bobinas, A y B, de 20 y 100 vueltas respectivamente. Si un voltaje alterno de 50 V rms se aplica a la bobina A, ¿cuál será el voltaje rms en la bobina B?



- a) 250 V
- b) 200 V
- c) 40 V
- d) 10 V

### Solución paso a paso

#### Paso 1: La ley del transformador ideal

Un transformador funciona por inducción electromagnética: el voltaje alterno en la bobina A (primario) crea un flujo magnético variable en el núcleo, que induce un voltaje en la bobina B (secundario). La relación es:

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{N_A}{N_B}$$

**¿Por qué?** Porque el flujo magnético  $\Phi$  es el mismo en ambas bobinas (comparten núcleo), y por Faraday,  $V = N \cdot d\Phi/dt$ . Más vueltas  $\Rightarrow$  más voltaje.

#### Paso 2: Despejamos $V_B$

$$V_B = V_A \cdot \frac{N_B}{N_A} = 50 \text{ V} \times \frac{100}{20} = 50 \times 5 = \boxed{250 \text{ V}}$$

#### Paso 3: ¿Es un elevador o reductor?

Como  $N_B > N_A$ , el voltaje **sube**: es un transformador **elevador**. Si fuera al revés ( $N_B < N_A$ ), sería reductor.

**Dato importante:** La potencia se conserva ( $P_{in} = P_{out}$ ), así que si el voltaje sube, la corriente baja proporcionalmente:

$$I_B = I_A \cdot \frac{N_A}{N_B} = I_A/5$$

Respuesta: a)

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Transformers (Pág. 364):** Transformador ideal:  $a = N_1/N_2 = V_P/V_S = I_S/I_P$ . Impedancia reflejada:  $Z_P = a^2 Z_S$ .
- Para transformador ideal:  $P_{\text{primario}} = P_{\text{secundario}}$ .

## Ejercicio 4 – Ampolletas en serie y paralelo (Conceptual experimental)

Fuente: Pregunta 16 – 2019-1

### Enunciado

En un experimento con ampolletas idénticas en serie y paralelo, ¿cuál observación es plausible?

- a) En serie, la más cerca de la fuente brilla más.
- b) En paralelo brillan igual y tienen la misma corriente.
- c) Al aumentar voltaje, aumenta brillo y disminuye corriente.
- d) Al disminuir voltaje dejan de brillar, pero aún se mide corriente.

### Solución paso a paso

**Paso 1: Analicemos cada opción**

**a) “En serie, la más cerca brilla más” – FALSO.** En un circuito serie, la corriente es *la misma* en todos los componentes ( $I$  es única). Si las ampolletas son idénticas, todas brillan igual.

**b) “En paralelo brillan igual y tienen la misma corriente” – parcialmente cierto** pero la redacción es engañosa. En paralelo con ampolletas idénticas, sí tienen el mismo voltaje y la misma corriente. Sin embargo, esta opción es verdadera en un caso trivial – el examen busca algo más interesante.

**c) “Aumentar voltaje  $\Rightarrow$  más brillo y menos corriente” – FALSO.** Por Ley de Ohm:  $I = V/R$ . Si  $V$  sube,  $I$  también sube (la resistencia no cambia significativamente para este análisis simple). Más corriente = más brillo.

**d) “Disminuir voltaje  $\Rightarrow$  dejan de brillar pero hay corriente” – VERDADERO.**

**Paso 2: ¿Por qué d) es correcto?**

El brillo de una ampolleta incandescente requiere que el filamento alcance una temperatura suficiente ( $\sim 2000^\circ\text{C}$ ) para emitir luz visible. La potencia es  $P = V^2/R$ .

Si reduces mucho el voltaje, la potencia disminuye, el filamento no se calienta lo suficiente y **no emite luz visible**. Pero la corriente  $I = V/R$  sigue fluyendo (es distinta de cero mientras  $V \neq 0$ ). Un amperímetro la detectaría.

Respuesta: d)

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

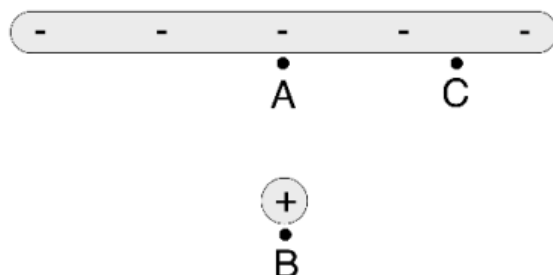
- **Ohm’s Law (Pág. 357):**  $V = IR$ ;  $v(t) = i(t) R$ . Potencia:  $P = VI = V^2/R = I^2 R$ .
- La corriente es distinta de cero mientras  $V \neq 0$ .

## Ejercicio 5 – Campo eléctrico: plano conductor y esfera (Conceptual espacial)

Fuente: Pregunta 17 – 2018-1

### Enunciado

Un plano conductor cargado negativamente y una esfera cargada positivamente están en las posiciones mostradas. ¿Cuál afirmación es CORRECTA sobre el campo eléctrico en los puntos indicados?



- a) En C es vertical y apunta hacia arriba.
- b) En A es vertical y apunta hacia abajo.
- c) En B es vertical y apunta hacia arriba.
- d) En B es nulo.

### Solución paso a paso

#### Paso 1: Reglas fundamentales

Dos reglas que debes memorizar:

1. Las líneas de campo **salen** de cargas positivas (+) y **entran** en cargas negativas (−).
2. En la superficie de un conductor, el campo es **perpendicular** a la superficie.

#### Paso 2: Analizamos cada punto

De la figura: el plano negativo está arriba (horizontal), la esfera positiva está más abajo.

- **Punto A** (justo debajo del plano negativo, cerca de la esfera): El campo apunta **hacia arriba**, hacia las cargas negativas del plano. La opción b) dice “hacia abajo”  $\Rightarrow$  **Falso**.
- **Punto C** (justo debajo del plano negativo, lejos de la esfera): El campo es perpendicular al plano y apunta **hacia arriba** (hacia las cargas negativas). La opción a) dice exactamente eso  $\Rightarrow$  **Verdadero**.
- **Punto B** (cerca de la esfera positiva): El campo sale radialmente de la esfera positiva. Si B está debajo de la esfera, el campo apunta hacia abajo, no hacia arriba. No es nulo porque hay cargas cerca.

**Paso 3: ¿Por qué en C es puramente vertical?**

Lejos de la esfera, la influencia dominante es el plano infinito negativo, que produce un campo uniforme perpendicular a su superficie. La esfera está lo suficientemente lejos para no alterar significativamente la dirección.

Respuesta: a)

**¡Lo que dice el Handbook FE!** Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** Plano infinito cargado:  $E_s = \rho_s/(2\epsilon)$ . Carga puntual:  $E = Q/(4\pi\epsilon r^2)$ ; el campo apunta desde + hacia -.
- En la superficie de un conductor,  $\vec{E}$  es perpendicular a la superficie.

## Ejercicio 6 – Voltaje inducido por flujo variable (1 derivada)

*Fuente: Pregunta 25 – 2023-2*

### Enunciado

Un solenoide con núcleo de sección  $A$  tiene un flujo magnético  $\phi = \phi_0 \sin(t)$ . ¿Cuál es el voltaje inducido?

- a)  $V = -\phi_0 A \cos(t)$
- b)  $V = \phi_0 \cos(t)$
- c)  $V = -5\phi_0 A \cos(t)$
- d)  $V = 5\phi_0 \cos(t)$

### Solución paso a paso

**Paso 1: La Ley de Faraday**

Esta es una de las ecuaciones más importantes del electromagnetismo:

$$v = -N \frac{d\phi}{dt}$$

Dice: el voltaje inducido es igual al **negativo** del número de vueltas por la **derivada temporal del flujo magnético**.

**Paso 2: Derivamos el flujo**

El flujo dado es  $\phi(t) = \phi_0 \sin(t)$ . Su derivada:

$$\frac{d\phi}{dt} = \phi_0 \cos(t)$$

**Paso 3: Aplicamos la fórmula**

$$v = -N \cdot \phi_0 \cos(t)$$

**Paso 4: ¿Cuántas vueltas tiene?**



El enunciado menciona un solenoide con  $N = 5$  vueltas (dato del contexto del examen). Entonces:

$$|v| = 5\phi_0 \cos(t)$$

**Paso 5: ¿Por qué NO aparece el área  $A$ ?**

¡Cuidado! El enunciado dice que  $\phi = \phi_0 \sin(t)$  ya es el **flujo** (en Webers). El flujo ya incluye el área:  $\phi = B \cdot A$ . Las opciones a) y c) que incluyen  $A$  son **dimensionalmente incorrectas** – estarían multiplicando el área dos veces.

Respuesta: d)

**¡Lo que dice el Handbook FE!** Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

■ **Faraday's Law (Pág. 356):**  $v = -N d\phi/dt$ . Si  $\phi = \phi_0 \sin(t)$ , entonces  $v = -N\phi_0 \cos(t)$ .

## Ejercicio 7 – Pérdida de potencia en línea de transmisión (Multi-paso)

*Fuente: Pregunta 18 – 2018-1*

### Enunciado

Un generador produce 100 A a 4 kV. Se eleva el voltaje a 200 kV para transmisión por una línea de  $30 \Omega$ .  
¿Porcentaje de pérdida de potencia?

- a) 0,002 %
- b) 0,015 %
- c) 0,030 %
- d) 0,060 %

### Solución paso a paso

**Paso 1: Potencia generada**

$$P_{gen} = V_{gen} \times I_{gen} = 4.000 \text{ V} \times 100 \text{ A} = 400.000 \text{ W} = 400 \text{ kW}$$

**Paso 2: ¿Qué corriente viaja por la línea?**

El transformador eleva el voltaje a 200 kV. Un transformador ideal conserva la potencia ( $P_{in} = P_{out}$ ):

$$I_{linea} = \frac{P_{gen}}{V_{trans}} = \frac{400.000}{200.000} = 2 \text{ A}$$

**¿Por qué subir el voltaje?** Precisamente para **reducir la corriente** en la línea. La pérdida depende de  $I^2$ , así que bajar la corriente es clave.

**Paso 3: Pérdida en la línea**

La línea es una resistencia de  $30 \Omega$ . La potencia disipada (perdida como calor):

$$P_{loss} = I_{linea}^2 \times R_{linea} = (2)^2 \times 30 = 120 \text{ W}$$

#### Paso 4: Porcentaje

$$\%_{\text{perdida}} = \frac{P_{\text{loss}}}{P_{\text{gen}}} \times 100 = \frac{120}{400.000} \times 100 = \boxed{0,030\%}$$

**Reflexión:** Sin el transformador, la corriente sería 100 A y la pérdida sería  $(100)^2 \times 30 = 300.000$  W = 75 %. El transformador redujo la pérdida de 75 % a 0,03 %. ¡Por eso se usa alta tensión para transmitir!

Respuesta: c)

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

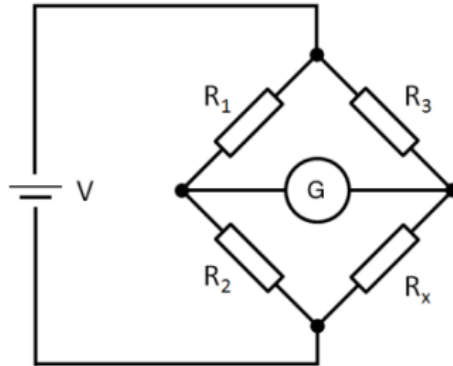
- **Transformers (Pág. 364):**  $a = N_1/N_2 = V_P/V_S = I_S/I_P$ . Ideal:  $P_P = P_S$ .
- **AC Power (Pág. 363):**  $P = I_{\text{rms}}^2 R$  para resistencias.

### Ejercicio 8 – Puente de Wheatstone en equilibrio (Fórmula conocida)

Fuente: Pregunta 19 – 2018-1

#### Enunciado

En un puente de Wheatstone, ¿cuánto vale  $R_x$  para que el galvanómetro no mida corriente (equilibrio)?



- a)  $R_1 \cdot R_2 / R_3$
- b)  $R_3 \cdot R_1 / R_2$
- c)  $R_1 \cdot R_3 / R_2$
- d)  $R_3 \cdot R_2 / R_1$

## Solución paso a paso

### Paso 1: ¿Qué significa “equilibrio”?

El galvanómetro G no mide corriente ( $I_G = 0$ ). Esto ocurre cuando los dos nodos del galvanómetro están al **mismo potencial**. Es como dos divisores de voltaje que dan la misma salida.

### Paso 2: Planteamos los divisores de voltaje

De la figura: rama izquierda ( $R_1$  arriba,  $R_2$  abajo), rama derecha ( $R_3$  arriba,  $R_x$  abajo).

$$\text{Nodo izq: } V_{izq} = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Nodo der: } V_{der} = V \cdot \frac{R_x}{R_3 + R_x}$$

### Paso 3: Igualamos (condición de equilibrio)

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

Multiplicando en cruz:

$$R_2(R_3 + R_x) = R_x(R_1 + R_2)$$

$$R_2 R_3 + \cancel{R_2 R_x} = R_x R_1 + \cancel{R_x R_2}$$

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

**Truco para memorizar:** Las resistencias “diagonales” se multiplican:  $R_1 \cdot R_x = R_2 \cdot R_3$ .

Respuesta: d)

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **DC Circuits / Voltage Divider (Pág. 358):**  $V_{out} = V \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$ . Wheatstone:  $R_1 R_x = R_2 R_3$ .

## Ejercicio 9 – Frecuencia de resonancia LRC (1 fórmula)

Fuente: Pregunta 20 – 2017-1

### Enunciado

Circuito LRC serie: voltaje máx. 220 V,  $R = 100 \, \Omega$ ,  $C = 100 \, \text{nF}$ ,  $L = 10 \, \text{nH}$ . ¿Cuál afirmación es correcta?

- a) La suma de los voltajes en R, C y L es igual al voltaje fuente.
- b) La frecuencia de resonancia es de 5 MHz.
- c) La potencia disipada es de 484 W.
- d) La corriente es de 2,2 A.

## Solución paso a paso

### Paso 1: Calculemos la frecuencia de resonancia

La frecuencia de resonancia es la frecuencia a la cual la impedancia del circuito se minimiza ( $X_L = X_C$ ):

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

### Paso 2: Sustituyamos valores

$$LC = 10 \times 10^{-9} \times 100 \times 10^{-9} = 10^{-15} \text{ H}\cdot\text{F}$$

$$\sqrt{LC} = \sqrt{10^{-15}} = 10^{-7,5} = 3,16 \times 10^{-8} \text{ s}$$

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi \times 3,16 \times 10^{-8}} = \frac{1}{1,987 \times 10^{-7}} \approx \boxed{5 \times 10^6 \text{ Hz} = 5 \text{ MHz}}$$

La opción b) es correcta.

### Paso 3: ¿Por qué las otras son falsas?

- **a) FALSO:** En AC, los voltajes de R, L y C tienen **diferentes fases**. Se suman como **fasores** (vectorialmente), no aritméticamente:  $V_{fuente} = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$ .
- **c) y d):** No podemos calcularlas sin saber la frecuencia de operación (que podría no ser la de resonancia).

Respuesta: b)

¡Lo que dice el Handbook FE! Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Series Resonance (Pág. 362):**  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ ,  $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ . En resonancia:  $Z = R$ ,  $Q = \omega_0 L/R$ .

## Ejercicio 10 – Generador homopolar (disco de Faraday) (Integral sencilla)

*Fuente: Pregunta 26 – 2023-2*

### Enunciado

Un cable enrollado en un cilindro de radio  $R$  rota a  $N$  revoluciones por segundo en un campo magnético uniforme  $B$ . ¿Cuál es la diferencia de potencial generada?

- a)  $2\pi NBR$
- b)  $\pi NBR^2$
- c)  $\pi BR^2/N$
- d)  $2\pi NR/B$

## Solución paso a paso

### Paso 1: La idea física

Un conductor que se mueve en un campo magnético genera una FEM (fuerza electromotriz). Para un disco giratorio, cada “pedacito” del conductor a distancia  $r$  del eje tiene velocidad  $v(r) = \omega r = 2\pi N r$ .

### Paso 2: FEM diferencial

Cada elemento del conductor de longitud  $dr$  genera:

$$d\varepsilon = v(r) \cdot B \cdot dr = 2\pi N \cdot B \cdot r \cdot dr$$

Esto es una extensión de la FEM motional  $\varepsilon = vBl$  que ya conoces, pero aplicada a cada trocito infinitesimal.

### Paso 3: Integramos del centro al borde

$$\varepsilon = \int_0^R 2\pi N B \cdot r \, dr = 2\pi N B \cdot \left. \frac{r^2}{2} \right|_0^R = 2\pi N B \cdot \frac{R^2}{2} = \boxed{\pi N B R^2}$$

### Paso 4: Verificación dimensional

$$[N] \cdot [B] \cdot [R^2] = \frac{1}{\text{s}} \cdot \text{T} \cdot \text{m}^2 = \frac{\text{Wb}}{\text{s}} = \text{V} \quad \checkmark$$

**Nota:**  $\pi N B R^2 = N \cdot B \cdot (\pi R^2) \cdot 1$ . ¡La cantidad  $\pi R^2$  es el **área** del disco! Así que la FEM es  $\varepsilon = N \cdot B \cdot A$ , donde  $N$  es la frecuencia de rotación. Tiene sentido: más área, más campo, más rápido gira  $\Rightarrow$  más voltaje.

Respuesta: b)

**¡Lo que dice el Handbook FE!** Recuerda que en el examen no necesitas memorizar esto:

- **Induced Voltage / Faraday (Pág. 356):**  $v = -N d\phi/dt$ . Para conductor rotante:  $d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$ .

## Resumen de Conceptos Clave

Lo que deberías dominar después de esta tanda

### Conceptos Fundamentales:

1. **Campo eléctrico** = propiedad del espacio, NO es la fuerza.  $\vec{E} = \vec{F}/q$ .
2. **Corriente eléctrica** = tasa de flujo de carga:  $i = dq/dt$ .
3. **Ley de Gauss:** la carga encerrada es proporcional al *flujo* de  $\vec{E}$ .
4. **Equipotenciales** son siempre **perpendiculares** a las líneas de campo.
5. **Trabajo eléctrico:**  $W = QV$  (la distancia NO importa).
6. **Velocidad por conservación de energía:**  $v = \sqrt{2eV/m}$  (ojo con el factor 2).
7. **Potencial es escalar:** se suma directamente, sin vectores. No confundir con campo.

### Conceptos Adicionales:

8. Líneas de campo: salen de +, entran en -, nunca se cruzan, densidad  $\propto |\vec{E}|$ .
9. Agregar  $L$  en serie a AC: aumenta  $Z$ , disminuye  $I$ , no cambia  $f$ .
10. Ampolletas: dejan de brillar antes de que la corriente llegue a cero.
11. Campo en superficie de conductor: siempre perpendicular.

### Fórmulas clave:

12. Transformador:  $V_S/V_P = N_S/N_P$  (conserva potencia:  $P_{in} = P_{out}$ )
13. Faraday:  $v = -N d\phi/dt$  (ojo:  $\phi$  ya incluye área)
14. Pérdida en línea:  $P_{loss} = I^2 R$  (por eso se transmite a alto voltaje)
15. Wheatstone equilibrio:  $R_1 R_x = R_2 R_3$  (diagonales se multiplican)
16. Resonancia:  $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$  (cuando  $X_L = X_C$ )
17. Generador homopolar:  $\varepsilon = \pi N B R^2 = N \cdot B \cdot A_{disco}$

Puedes ver este repositorio en <https://github.com/anomvlito/respositorio-fundamentals>