Campo magnético creado por corrientes y fuerzas entre corrientes

Test de 10 preguntas y flashcards de este tema en **farmeandopau.com** ›

Última revisión: 1 de noviembre de 2026.

Escanea y haz el test del tema

LA IDEA EN 30 SEGUNDOS

Toda corriente crea un campo magnético (Oersted, 1820). Tienes que dominar el de un **hilo rectilíneo** ($B = \mu_0 I/2\pi d$, tangente a circunferencias, con la regla de la mano derecha), el del **centro de una espira** ($\mu_0 I/2R$) y el del **interior de un solenoide** ($\mu_0 N I/L$); **sumarlos como vectores** y encontrar dónde se anula el campo; y la **fuerza entre dos hilos paralelos** ($F/L = \mu_0 I_1 I_2/2\pi d$: se atraen si las corrientes van en el mismo sentido). Sale en **32 de las 68 convocatorias**, en 15 comunidades: el campo creado por corrientes (siempre con algún hilo), en 28, y la fuerza sobre corrientes, en 18 (la fuerza entre dos hilos, en 14).

1 De Oersted al campo magnético de las corrientes

En **1820** el danés Hans Christian **Oersted** vio que una brújula colocada junto a un hilo se desviaba al pasar corriente por él, y que se desviaba al revés si invertía la corriente. Conclusión: **las cargas en movimiento crean campo magnético**. En los meses siguientes Biot y Savart midieron cómo depende de la distancia el campo de un hilo, y Ampère estudió las fuerzas entre corrientes (su teoría completa es de 1826). Desde entonces sabemos que el magnetismo de imanes y corrientes tiene el mismo origen: Ampère lo atribuyó a corrientes microscópicas dentro de la materia; hoy se explica con el movimiento y el espín de los electrones.

- **Campo magnético $\vec{B}$:** se mide en **teslas** (T): $1\ \mathrm{T} = 1\ \mathrm{N/(A{\cdot}m)} = 1\ \mathrm{kg{\cdot}s^{-2}{\cdot}A^{-1}}$. Otra unidad, del sistema CGS: el gauss, $1\ \mathrm{G} = 10^{-4}\ \mathrm{T}$ (Canarias lo pone en la tabla de datos). El campo de la Tierra es de unos **44 μT en el centro de la Península y 38 μT en Canarias** (Instituto Geográfico Nacional).
- **Permeabilidad magnética del vacío:** $\mu_0 \approx 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{T{\cdot}m/A}$ (es lo mismo que N/A² o H/m). Los exámenes la dan cuando hace falta (en el enunciado o en la tabla de constantes); escríbela con su unidad.
- **Líneas de campo:** $\vec{B}$ es tangente a ellas y están más juntas donde el campo es más intenso. Son **siempre cerradas**: en un imán salen por el polo norte, entran por el sur y siguen por dentro del imán de sur a norte. **No hay monopolos magnéticos**: si partes un imán, obtienes dos imanes, cada uno con su norte y su sur.
- **Cómo se dibuja en 3D sobre el papel:** ⊙ es un vector (o una corriente) que **sale** del papel hacia ti —ves la punta de la flecha— y ⊗, uno que **entra** —ves la cola—. Casi todos los ejercicios de este tema ponen los hilos perpendiculares al papel.
- **La experiencia de Oersted como práctica:** Galicia la incluye entre las prácticas de la PAU 2027 y la trata de forma «procedemental e cualitativa» (orientaciones de la CiUG 2025-26, en gallego); Cataluña, entre los trabajos prácticos que hay que conocer. Te pueden preguntar qué pasa con la aguja al invertir la corriente o al cambiar el hilo de lado.

CUESTIÓN: LA AGUJA DE OERSTED

Un hilo horizontal está colocado justo encima de una brújula y paralelo a la aguja (dirección norte-sur). ¿Qué ocurre al conectar la corriente? ¿Y si se invierte su sentido?

Respuesta modelo

La corriente crea en la brújula un campo $\vec{B}$ **perpendicular al hilo** (líneas circulares alrededor de él), es decir, horizontal y en dirección este-oeste. La aguja se orienta según la suma de ese campo y el terrestre, así que **gira** y se coloca formando un ángulo con el hilo (casi perpendicular si la corriente es grande). Si se invierte la corriente, el campo del hilo cambia de sentido (regla de la mano derecha) y la aguja gira **hacia el otro lado**.

Por qué puntúa. Lo que puntúa es decir que el campo del hilo es perpendicular a él y que su sentido depende del de la corriente.

La idea del tema en una línea

Las **corrientes crean** campo magnético (este tema) y el campo magnético **ejerce fuerza** sobre las corrientes y las cargas que se mueven (Tema 9). Juntando las dos cosas sale la fuerza entre dos hilos.

2 Campo de un hilo rectilíneo indefinido

Es la expresión que más vas a usar del tema. Un hilo muy largo con corriente I crea, a una distancia d, un campo cuyas líneas son **circunferencias centradas en el hilo** y contenidas en planos perpendiculares a él.

- **Módulo:**

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

  Es proporcional a I e **inversamente proporcional a** d (no a d^2, como el campo de una carga puntual). Si duplicas la distancia, el campo se reduce a la mitad.

- **Dirección:** tangente a la circunferencia centrada en el hilo que pasa por el punto; es decir, perpendicular a la vez al hilo y a la recta que une el hilo con el punto.
- **Sentido — regla de la mano derecha:** el **pulgar** en el sentido de la corriente; los **dedos** curvados te dan el sentido de $\vec{B}$. Con la corriente saliendo del papel ($\odot$) las líneas giran en sentido **antihorario**; entrando ($\otimes$), en sentido **horario**.
- **En forma vectorial:** $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}(\vec{u}_I \times \vec{u}_r)$, donde $\vec{u}_I$ es el unitario en el sentido de la corriente y $\vec{u}_r$ el unitario perpendicular al hilo **que va del hilo al punto**. Ejemplo: hilo en el eje Z con corriente hacia $+Z$ y punto en el eje X: $\vec{k} \times \vec{\imath} = \vec{\jmath}$, el campo apunta hacia $+Y$.
- **De dónde sale (Biot y Savart):** cada trozo $d\vec{l}$ del hilo aporta $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\, d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2}$; sumando las aportaciones de un hilo infinito se llega a $\mu_0 I/2\pi d$. No te piden hacer la integral; la Comunitat Valenciana llama a la expresión del hilo «ley de Biot y Savart» y puntúa nombrarla y explicar sus magnitudes. En la sección de Ampère la deducimos de forma sencilla.
- **Andalucía:** «No se exigirá, en ningún caso, la deducción matemática de las expresiones del campo magnético creado por una corriente rectilínea o de la fuerza magnética sobre una corriente rectilínea; sólo su deducción empírica y su aplicación directa a situaciones concretas» (Directrices y orientaciones 2026-27).

CÁLCULO DIRECTO (ARAGÓN 2026, ORDINARIA, 2C)

Un cable rectilíneo muy largo de una línea eléctrica conduce 40 A. ¿Qué campo crea a 5 cm?

Respuesta modelo

$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 40}{2\pi \cdot 0{,}05} = 1{,}6 \cdot 10^{-4}$ T, perpendicular al plano que forman el cable y el punto, con el sentido de la mano derecha (con un esquema).

Por qué puntúa. Es el mismo resultado de la solución oficial. Pasa siempre los centímetros a metros.

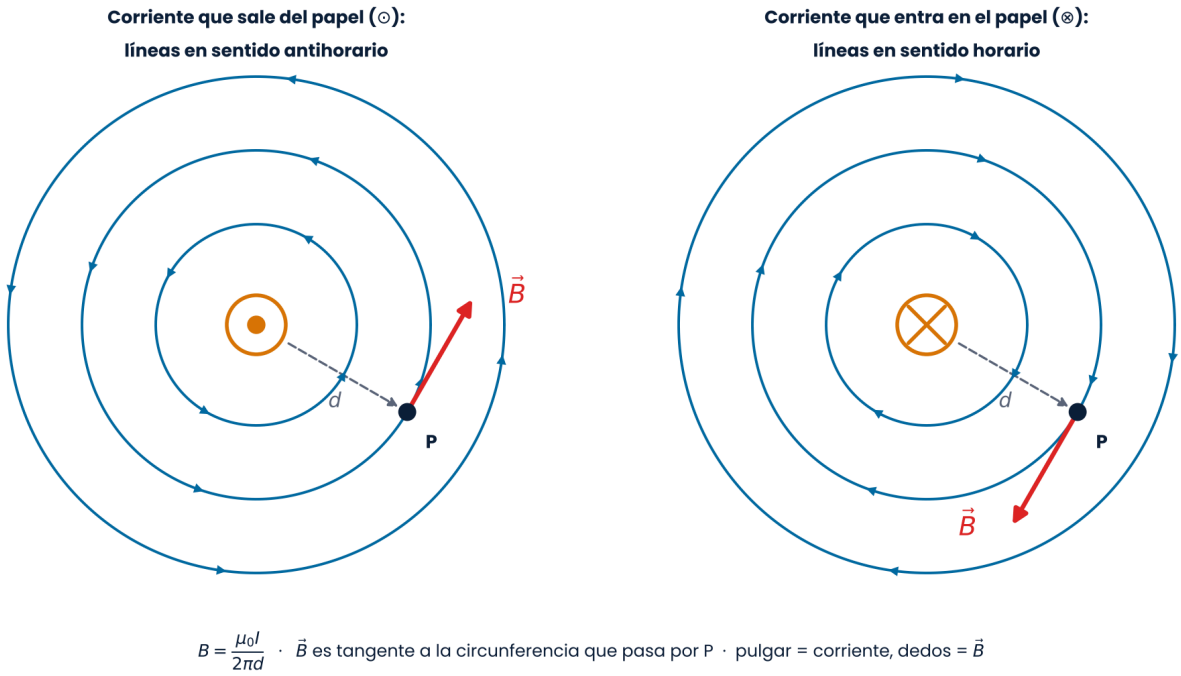
DISTANCIA DE SEGURIDAD (NAVARRA 2025, EXTRAORDINARIA, CUESTIÓN 2.A A)

Si por debajo de 100 µT el campo no tiene efectos nocivos, ¿a qué distancia mínima de un cable con 100 A te puedes acercar?

Respuesta modelo

$d = \frac{\mu_0 I}{2\pi B} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2\pi \cdot 10^{-4}} = 0{,}2 \text{ m} = 20 \text{ cm}.$

Por qué puntúa. Como B baja con 1/d, cualquier punto más lejano que 20 cm queda por debajo del límite.



Campo de un hilo rectilíneo visto desde arriba. Las líneas son circunferencias centradas en el hilo; $\vec{B}$ en P es tangente a la que pasa por P y su sentido lo da la regla de la mano derecha.

3 Espira circular: el campo en su centro

Si doblas el hilo en forma de circunferencia de radio R, todos los trozos aportan campo en el **mismo sentido** en el centro, y el campo se refuerza.

- **En el centro:**

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

  perpendicular al plano de la espira. Con N espiras iguales y juntas, $B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$. Ojo: R es el **radio**; si te dan el diámetro, divídelo entre dos.

- **Sentido:** mano derecha al revés que en el hilo: los **dedos** siguen la corriente y el **pulgar** da $\vec{B}$ en el centro. Corriente antihoraria vista desde arriba: $\vec{B}$ hacia arriba (⊙ si la espira está en el papel).

- **La espira es un imán:** sus líneas de campo se parecen a las de un imán pequeño; la cara por la que **salen** las líneas es el **polo norte**.
- **Comparación útil:** con la misma corriente y $R = d$, la espira crea en su centro π veces más campo que el hilo a esa distancia ($\mu_0 I/2R$ frente a $\mu_0 I/2\pi R$). No pongas π en la espira ni lo olvides en el hilo.
- **Varias espiras con el mismo centro o espira + hilo:** se suman con signo, porque en el centro todos los campos son perpendiculares al papel. Es justo lo que preguntó Illes Balears en julio de 2026 (lo tienes resuelto al final).
- **Lo que dicen los documentos:** Andalucía no exige las expresiones de la espira, la bobina y el solenoide; Canarias pide la expresión del campo de «uno o dos conductores rectilíneos» y caracterizar la espira y el solenoide «mediante sus líneas de campo»; Murcia (Especificaciones 2027) y Castilla-La Mancha (orientación Crue 2025-26; pendiente de confirmar para 2027), la espira «solo en sus centros»; Cataluña da las expresiones en el enunciado. Lo tienes con sus citas en «Qué te piden en tu comunidad».

CÁLCULO DIRECTO

Una espira de 5 cm de radio lleva 3 A. ¿Qué campo hay en su centro? ¿Y si es una bobina plana de 20 espiras?

Respuesta modelo

$B = \dfrac{\mu_0 I}{2R} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3}{2 \cdot 0{,}05} = 3{,}77 \cdot 10^{-5}$ T. Con 20 espiras, 20 veces más: $7{,}54 \cdot 10^{-4}$ T. Dirección: perpendicular al plano; sentido, el del pulgar.

Por qué puntúa. Comprueba siempre si la R es radio o diámetro.

4 Ley de Ampère: solenoide y toro

La **ley de Ampère** dice que, a lo largo de **cualquier línea cerrada**, la circulación del campo magnético es μ_0 por la corriente que atraviesa la superficie que encierra: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$. Sirve para calcular campos cuando hay mucha simetría.

- **Hilo (la deducción más corta):** toma como línea una circunferencia de radio d centrada en el hilo. $\vec{B}$ es tangente y de módulo constante sobre ella, así que $B \cdot 2\pi d = \mu_0 I$ y $B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi d}$.
- **Solenoide largo** (bobina de N espiras en una longitud L): dentro, el campo es **casi uniforme y paralelo al eje**; fuera, casi nulo. Con un rectángulo que tiene un lado ℓ dentro, paralelo al eje, y el opuesto fuera (solo cuenta el lado de dentro, y encierra $n\ell$ espiras): $B\ell = \mu_0 (n\ell) I$, y

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I = \mu_0 n I$$

  ($n = N/L$, espiras por metro). No depende del radio ni del punto del interior.
- **Toro** (solenoide doblado en forma de anillo): con una circunferencia de radio r dentro del núcleo, $B \cdot 2\pi r = \mu_0 N I$ y $B = \dfrac{\mu_0 N I}{2\pi r}$; fuera del toro, $B = 0$. La orientación Crue de Castilla-La Mancha lo limita a ese caso («solo en los puntos de la circunferencia» de los centros de las espiras; 2025-26, pendiente de confirmar para 2027); las Especificaciones 2027 de Murcia nombran esos mismos puntos, sin «solo».
- **Sentido:** el del pulgar si los dedos siguen la corriente de las espiras. El extremo del solenoide por el que **salen** las líneas es su **polo norte**: un solenoide se comporta como un imán de barra.
- **Consecuencia:** como la circulación de $\vec{B}$ en una línea cerrada no es cero cuando encierra corriente, el campo magnético **no es conservativo**: no se le puede asociar un potencial como al eléctrico o al gravitatorio.
- **Quién lo pide:** Extremadura recoge la ley de Ampère con sus aplicaciones al «hilo rectilíneo infinito, solenoide infinito de sección circular, toroide ideal de sección circular» (Aspectos curriculares, bloque B); el currículo de Madrid (Decreto 64/2022) también la incluye. En 2025–2026 no se ha pedido calcular el campo de un solenoide o de un toro ni usar la ley de Ampère (en Murcia 2025 extraordinaria hay un solenoide, pero dan su campo).

Corriente	Campo	Dónde vale	Dirección de B
Hilo rectilíneo indefinido	$\frac{\mu_0 I}{2\pi d}$	A una distancia d del hilo	Tangente a circunferencias centradas en el hilo
Espira circular (N espiras)	$\frac{\mu_0 N I}{2R}$	Solo en el centro	Perpendicular al plano de la espira
Solenoide largo	$\frac{\mu_0 N I}{L} = \mu_0 n I$	Interior, lejos de los extremos	Paralela al eje
Toro	$\frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$	Dentro del núcleo, a distancia r del centro	Tangente a la circunferencia de radio r

Con $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T·m/A, $\mu_0/2\pi = 2 \cdot 10^{-7}$ T·m/A: atajo útil para el hilo y la fuerza entre hilos.

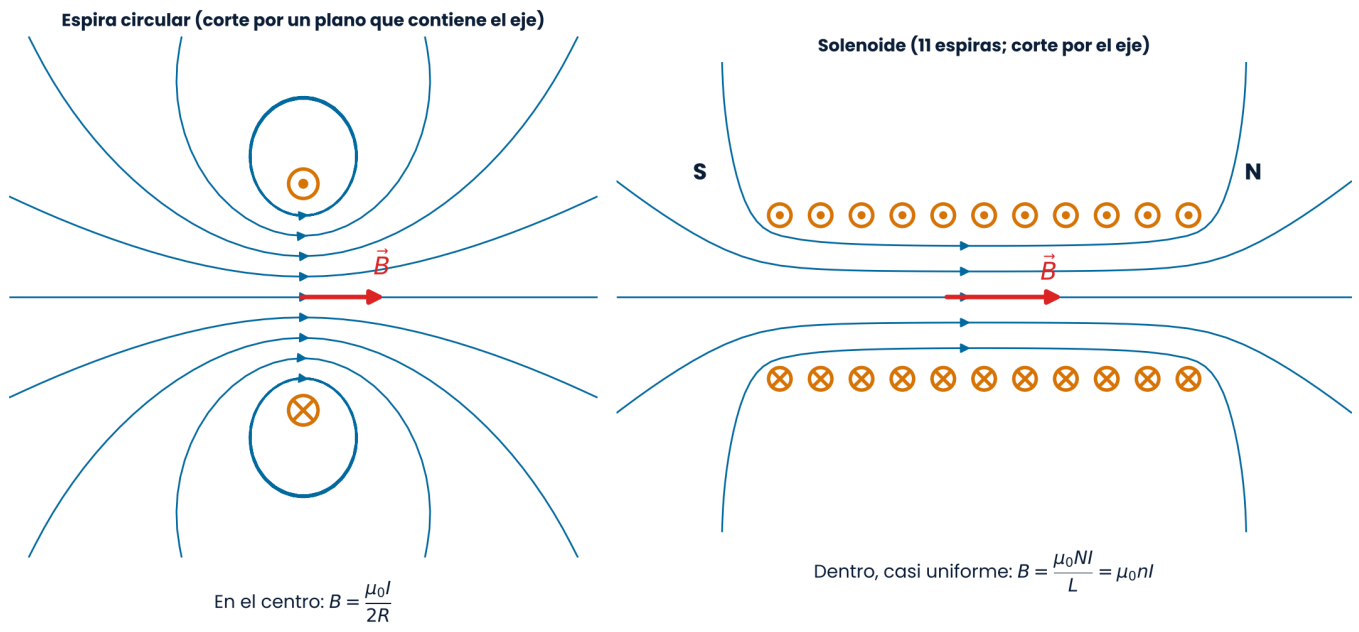
SOLENOIDE Y TORO

(a) Un solenoide de 20 cm tiene 500 espiras y lleva 2 A. (b) Un toro de 1000 espiras lleva 0,5 A. ¿Qué campo hay en el interior del solenoide y en el toro a 10 cm de su centro?

Respuesta modelo

(a) $B = \mu_0 \frac{N}{L} I = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{500}{0{,}20} \cdot 2 = 6{,}28 \cdot 10^{-3}$ T. (b) $B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1000 \cdot 0{,}5}{2\pi \cdot 0{,}10} = 1{,}0 \cdot 10^{-3}$ T.

Por qué puntúa. En el solenoide no aparece el radio: solo cuentan las espiras por metro y la corriente.



Líneas de campo de una espira y de un solenoide, calculadas con la ley de Biot y Savart. Dentro del solenoide las líneas son casi paralelas (campo uniforme); fuera se abren como las de un imán de barra.

5 Superposición: varios hilos y el punto de campo nulo

Es el ejercicio estrella del tema. Cada hilo crea su campo como si estuviera solo y el campo total es la **suma vectorial** (principio de superposición). Casi siempre son dos hilos paralelos perpendiculares al papel.

- **Dónde se anula el campo de dos hilos paralelos.** Sobre la recta que los une, los dos campos son perpendiculares a esa recta: solo se anulan si tienen **sentidos opuestos y el mismo módulo**.
- **Corrientes en el mismo sentido:** $B = 0$ **entre los hilos**, más cerca del de menor corriente: $\frac{I_1}{x} = \frac{I_2}{d - x} \Rightarrow x = \frac{I_1 d}{I_1 + I_2}$ (medido desde el hilo 1). Si las corrientes son iguales, en el punto medio.
- **Corrientes en sentidos opuestos:** $B = 0$ **fuera**, del lado del hilo de **menor** corriente: $\frac{I_1}{x} = \frac{I_2}{d + x} \Rightarrow x = \frac{I_1 d}{I_2 - I_1}$ (con $I_1 < I_2$, medido desde el hilo 1 hacia fuera). Si son **iguales y opuestas**, el campo **no se anula** en ningún punto a distancia finita.

- **No es un punto, es una recta:** como los hilos son infinitos, el campo se anula en toda una **recta paralela a los hilos**; en el dibujo la ves como un punto. Dilo así si te preguntan «los puntos».
- **Hilos perpendiculares en un mismo plano** (La Rioja 2025 y su modelo 2026; Murcia los incluye): hilo 1 sobre el eje X y hilo 2 sobre el eje Y, con las corrientes hacia $+X$ y $+Y$. En el plano XY los dos campos son perpendiculares al plano: $B_{1z} = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi y}$ y $B_{2z} = -\dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi x}$. Se anulan en la recta $y = \dfrac{I_1}{I_2}\,x$, en el primer y el tercer cuadrante. Si esa recta forma 30° con el eje X, $I_1/I_2 = \tan 30^\circ$, es decir, $I_2 = \sqrt{3}\,I_1$.

Dibuja el plano perpendicular a los hilos con los ejes, cada hilo con ⊙ o ⊗ y el punto P.

↓

Módulo de cada campo: distancia d_i de cada hilo a P y $B_i = \mu_0 I_i / 2\pi d_i$.

↓

Dirección y sentido de cada uno: perpendicular a la recta hilo–P, con la mano derecha (o con $\vec{u}_I \times \vec{u}_r$). Dibuja cada vector en P.

↓

Suma por componentes

$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ y el módulo con Pitágoras si hace falta.

↓

Resultado con $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ y unidades, y con el vector total en el esquema.

CORRIENTES IGUALES Y OPUESTAS (NAVARRA 2025, EXTRAORDINARIA, CUESTIÓN 2.A B)

Dos cables paralelos separados 6 m llevan corrientes iguales en sentidos contrarios. ¿En qué punto se anula el campo magnético?

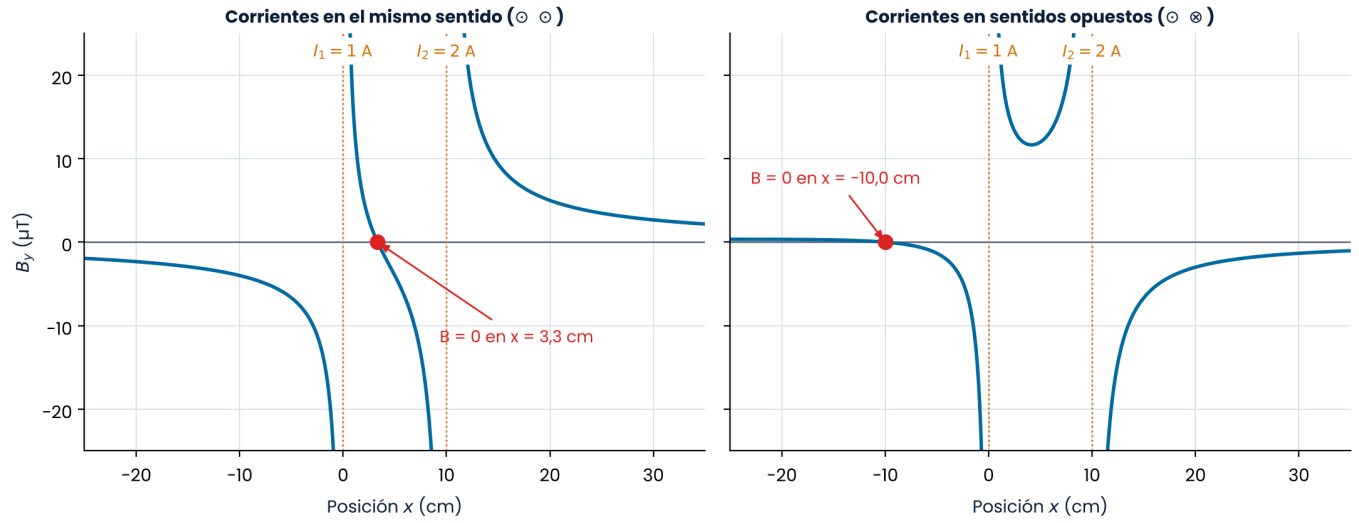
Respuesta modelo

En ninguno a distancia finita. Entre los cables, los dos campos tienen el **mismo sentido** (con corrientes opuestas, el de cada hilo gira al revés) y se suman. Fuera, tienen sentidos opuestos, pero el cable más cercano siempre está más cerca: $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi x} > \dfrac{\mu_0 I}{2\pi (x+6)}$ para todo $x > 0$. El campo solo tiende a cero muy lejos de los dos.

Por qué puntúa. Es una pregunta trampa: razonarlo con los sentidos y con la desigualdad es lo que puntúa.

Cuántos hilos te pueden poner

Andalucía: «Podrá requerirse la aplicación del principio de superposición a dos corrientes rectilíneas» (Directrices y orientaciones 2026-27). **Canarias:** la expresión del campo «debido a uno o dos conductores rectilíneos» (Matriz PAU 2027). **Murcia:** «Hilo recto infinito e hilos rectos infinitos, paralelos y coplanares o perpendiculares» (Especificaciones 2027). **Illes Balears** ha puesto tres y cuatro hilos (2025 y 2026) y **La Rioja**, tres hilos en un triángulo equilátero (2025).



Hilos perpendiculares al papel, en x = 0 y x = 10 cm. $B_y > 0$: campo hacia +Y. B solo se anula donde los campos de los dos hilos tienen el mismo módulo y sentidos opuestos.

Campo de dos hilos sobre la recta que los une ($I_1 = 1$ A en $x = 0$ e $I_2 = 2$ A en $x = 10$ cm). Con el mismo sentido se anula entre ellos, a 3,3 cm del menor; con sentidos opuestos, fuera, a 10 cm del menor.

6 Fuerza sobre un conductor con corriente

Una corriente son cargas en movimiento, y sobre cada una actúa la fuerza de Lorentz $q\vec{v} \times \vec{B}$ (Tema 9). Sumando sobre todas las cargas de un tramo recto de longitud L se obtiene la **segunda ley de Laplace**:

$$\vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$$

donde $\vec{L}$ tiene la longitud del tramo y el sentido de la corriente.

- **Módulo:** $F = ILB\,\operatorname{sen}\alpha$, con α el ángulo entre $\vec{L}$ y $\vec{B}$. Máxima si el conductor es perpendicular al campo; **nula si es paralelo**.
- **Dirección y sentido:** perpendicular al conductor y al campo, con la regla del producto vectorial (dedos de $\vec{L}$ hacia $\vec{B}$; el pulgar da $\vec{F}$).
- **De dónde sale:** si en el tramo hay nAL portadores de carga q con velocidad de arrastre v, $F = (nAL)\,qvB = (nqvA)LB = ILB$, porque $I = nqvA$.
- **Conductor curvo en un campo uniforme:** sufre la misma fuerza que el tramo recto que une sus extremos. En un circuito **cerrado** en un campo uniforme la fuerza total es cero, aunque puede haber un **par** que lo haga girar (lo ves dos secciones más abajo).
- **Dónde cae:** casi siempre como **varilla que se mueve sobre unos raíles** dentro de un campo, junto a la inducción (Cataluña 2025, Cantabria 2025): eso lo ves en el Tema 11. Castilla y León recoge expresamente la «Segunda ley elemental de Laplace» en su currículo (Decreto 40/2022).

CÁLCULO DIRECTO

Un conductor recto de 0,5 m lleva 3 A dentro de un campo uniforme de 0,2 T. Halla la fuerza si es perpendicular al campo y si forma 30° con él.

Respuesta modelo

Perpendicular: $F = ILB = 3 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}2 = 0{,}30$ N. A 30°: $F = ILB\,\operatorname{sen}30^\circ = 0{,}15$ N. En los dos casos, perpendicular al plano que forman el conductor y el campo.

Por qué puntúa. El ángulo es entre el conductor y el campo, no entre el conductor y la fuerza.

7 Fuerza entre dos corrientes paralelas y definición de amperio

Cada hilo está dentro del campo que crea el otro, así que cada uno sufre una fuerza. Es el segundo apartado típico de los problemas de dos hilos (18 de las 68 convocatorias). Andalucía y Asturias piden **deducirla**: aquí tienes la deducción completa.

- **Al revés que las cargas:** cargas del mismo signo se repelen, pero corrientes del mismo sentido se **atraen**. Es una pregunta teórica habitual.
- **Con tres o más hilos**, la fuerza sobre uno es la **suma vectorial** de las que le hacen los demás (Illes Balears 2025 y 2026).
- **Los documentos:** Andalucía la incluye en sus «Expresiones que siempre se deben deducir antes de su aplicación» («fuerza por unidad de longitud en hilos de corrientes»); Asturias: «Deducir la expresión que permite calcular la fuerza magnética por unidad de longitud entre conductores rectilíneos paralelos» (ficha 2025-26, indicador 36); Comunitat Valenciana: «Analiza y calcula la fuerza que se establece entre dos conductores paralelos, según el sentido de la corriente que los recorra, realizando el diagrama correspondiente» (Documento de orientación 2026-27).
- **El amperio, antes:** durante 70 años esta fuerza **definió el amperio**. Literal del Real Decreto 2032/2009: «El amperio es la intensidad de una corriente constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de 1 metro uno del otro, en el vacío, produciría entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.» De ahí salía $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m exactamente.
- **El amperio, ahora** (desde el 20 de mayo de 2019), literal del Real Decreto 493/2020: «El amperio, símbolo A, es la unidad SI de intensidad de corriente eléctrica. Se define al fijar el valor numérico de la carga elemental, e, en 1,602 176 634 $\times 10^{-19}$, cuando se expresa en la unidad C, igual a A·s, donde el segundo se define en función de ΔvCs.» Si te preguntan la definición, da esta.
- **Consecuencia para ti:** μ_0 ya **no es exacta**, pero se diferencia de $4\pi \cdot 10^{-7}$ en menos de una parte en mil millones. En la PAU se usa $4\pi \cdot 10^{-7}$ T·m/A, que es el valor que dan todos los exámenes. Castilla y León incluye la «Definición de Amperio» en su currículo (Decreto 40/2022, junto a la interacción entre dos hilos).

Campo del hilo 1 donde está el 2

$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$, perpendicular al plano de los dos hilos.

↓

Fuerza sobre un tramo L del hilo 2 (segunda ley de Laplace): $\vec{F}_{12} = I_2 \vec{L} \times \vec{B}_1$; como $\vec{L} \perp \vec{B}_1$, $F_{12} = I_2 L B_1$.

↓

Por unidad de longitud

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

↓

Sobre el hilo 1 actúa una fuerza igual y opuesta (tercera ley de Newton; sale lo mismo calculando B_2 en el hilo 1).

↓

Sentido

dibuja $\vec{B}_1$ en el hilo 2 y aplica el producto vectorial: corrientes en el **mismo sentido se atraen**; en **sentidos opuestos se repelen**.

	Hasta mayo de 2019	Desde mayo de 2019 (SI revisado)
Definición	Con la fuerza entre dos hilos paralelos a 1 m: $2 \cdot 10^{-7}$ N por metro con 1 A en cada uno	Fijando el valor exacto de la carga elemental: $e = 1{,}602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$ C
Qué es 1 A	La corriente que da esa fuerza	El paso de $6{,}241\,509\,074 \cdot 10^{18}$ cargas elementales por segundo
μ_0	Exacta: $4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m	Se obtiene de medidas (de la constante de estructura fina): $1{,}256\,637\,062\,12 \cdot 10^{-6}$ N/A² (CODATA 2018; CODATA 2022, la que muestra hoy el NIST: $1{,}256\,637\,061\,27 \cdot 10^{-6}$)
Norma en España	Real Decreto 2032/2009	Real Decreto 493/2020, que modifica el anterior

Comprueba la antigua: con $I_1 = I_2 = 1$ A y $d = 1$ m, $F/L = \mu_0/2\pi = 2 \cdot 10^{-7}$ N/m.

CÁLCULO Y SENTIDO

Dos hilos paralelos separados 5 cm llevan 10 A y 20 A en el mismo sentido. ¿Qué fuerza por unidad de longitud se ejercen?

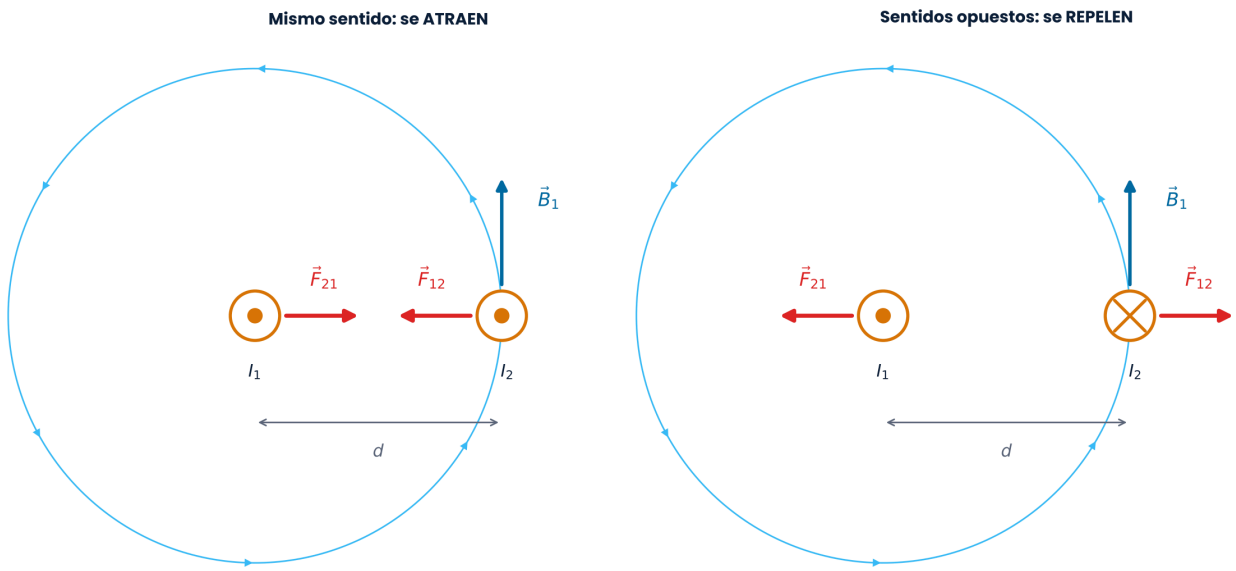
Respuesta modelo

$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10 \cdot 20}{2\pi \cdot 0{,}05} = 8{,}0 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{N/m}$, **atractiva** (mismo sentido) e igual sobre los dos hilos, aunque las corrientes sean distintas.

Por qué puntúa. Sobre el hilo de 10 A no actúa «menos» fuerza: el producto $I_1 I_2$ es el mismo para los dos.

Error que quita puntos

No digas que «hoy el amperio se define con la fuerza entre dos hilos» ni que «μ_0 vale exactamente $4\pi \cdot 10^{-7}$». Eso era cierto antes de 2019.



$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$ (igual en los dos hilos: tercera ley de Newton). En azul claro, la línea de campo de I_1 que pasa por I_2.

Fuerza entre dos hilos paralelos. El campo $\vec{B}_1$ del hilo 1 en el hilo 2 y la fuerza $\vec{F}_{12}$ que 1 hace sobre 2: hacia el hilo 1 si las corrientes van en el mismo sentido, hacia fuera si van en sentidos opuestos.

8 Par sobre una espira y el motor eléctrico

Una espira con corriente dentro de un campo uniforme no se traslada (la fuerza total es cero), pero **gira**: las fuerzas sobre dos lados opuestos forman un **par**. Es el fundamento del motor eléctrico, que está en el RD 243/2022 («funcionamiento de motores, generadores y transformadores»).

- **Espira rectangular** de lados a y b, que puede girar alrededor de un eje paralelo a los lados b, en un campo $\vec{B}$ perpendicular al eje. Los lados b sufren fuerzas iguales y opuestas, $F = IbB$, separadas una distancia $a \operatorname{sen}\theta$ en la dirección perpendicular a ellas. Las fuerzas sobre los lados a se anulan y no hacen girar.
- **Momento del par:** $M = F\, a \operatorname{sen}\theta = IabB \operatorname{sen}\theta$, y con N espiras

$$M = NISB \operatorname{sen}\theta$$

  donde $S = ab$ y θ es el ángulo entre el **vector superficie** $\vec{S}$ (perpendicular a la espira, con el sentido de la mano derecha) y $\vec{B}$. En forma vectorial, $\vec{M} = NI\,\vec{S} \times \vec{B}$.
- **Cuándo es máximo y cuándo nulo:** máximo con el plano de la espira **paralelo** al campo ($\theta = 90^\circ$); nulo con la espira **perpendicular** al campo ($\vec{S} \parallel \vec{B}$): con $\vec{S}$ y $\vec{B}$ en el mismo sentido es el equilibrio **estable** al que tiende; con sentidos opuestos el momento también es nulo, pero el equilibrio es inestable.

- **Motor de corriente continua:** si nada cambiara, la espira oscilaría alrededor del equilibrio. El **conmutador** (colector de delgas y escobillas) invierte la corriente cada media vuelta, así el par siempre empuja en el mismo sentido y el giro es continuo. Los motores reales usan muchas espiras y un núcleo de hierro. El generador es el mismo aparato al revés (Tema 11).
- **Los documentos no coinciden:** La Rioja lo pide («Como fundamento del motor eléctrico, analiza el par de fuerzas que produce un campo magnético constante sobre una espira indeformable rectangular recorrida por una corriente eléctrica», guía 2025-26, concreción 13); Murcia y Castilla-La Mancha, las fuerzas sobre una espira rectangular como base del motor; Extremadura, «El motor elemental». En **Madrid**, la Comisión escribió «No momento magnético espira (No en 2º Bachillerato)» (presentación 2025-26; vale para 2025-26 y está pendiente de confirmar para 2027), aunque el Decreto 64/2022 recoge el «Momento de fuerzas sobre una espira».

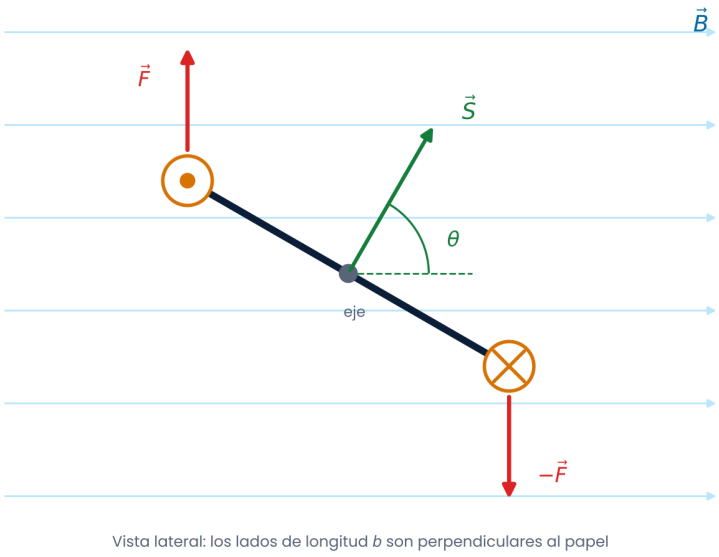
MOMENTO MÁXIMO DE UNA BOBINA

Una bobina rectangular de 100 espiras de 4 cm × 5 cm lleva 0,5 A en un campo de 0,2 T. ¿Cuál es el momento máximo? ¿Y cuando $\vec{S}$ forma 30° con $\vec{B}$?

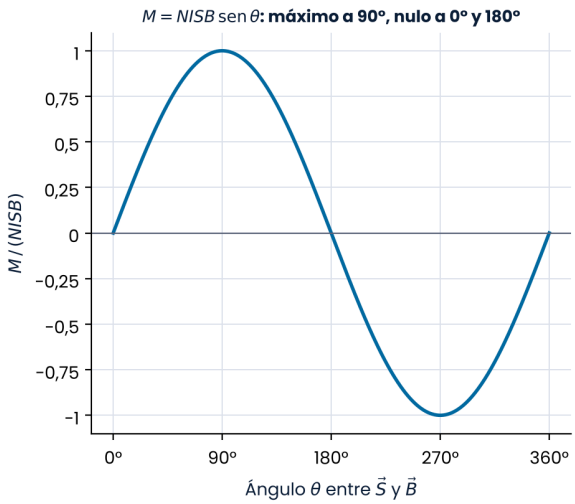
Respuesta modelo

$S = 0{,}04 \cdot 0{,}05 = 2 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^2$. $M_{\max} = NISB = 100 \cdot 0{,}5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}2 = 0{,}020\ \text{N·m}$. A 30°: $M = M_{\max} \operatorname{sen} 30^\circ = 0{,}010\ \text{N·m}$.

Por qué puntúa. Fíjate en qué ángulo te dan: si es el que forma el **plano** de la espira con el campo, el seno pasa a ser un coseno.



Vista lateral: los lados de longitud *b* son perpendiculares al papel



Par sobre una espira en un campo uniforme. Vista lateral: los lados perpendiculares al papel llevan corrientes opuestas y sufren fuerzas opuestas que hacen girar la espira hasta que $\vec{S}$ se alinea con $\vec{B}$. A la derecha, el momento en función del ángulo.

9 Campo eléctrico y campo magnético: en qué se diferencian

Es una cuestión teórica clásica. Compara punto por punto y justifica con la ley de cada campo.

	Campo eléctrico (cargas en reposo)	Campo magnético
Fuentes	Cargas eléctricas	Cargas en movimiento (corrientes) e imanes
Líneas de campo	Abiertas: nacen en las cargas positivas y mueren en las negativas	Cerradas: no tienen principio ni fin
Polos aislados	Sí: una carga aislada	No hay monopolos magnéticos
Flujo por una superficie cerrada	$Q_{\text{int}}/\varepsilon_0$ (Gauss)	Siempre cero
¿Conservativo?	Sí: tiene potencial y la circulación en una línea cerrada es cero	No: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$; no hay potencial

	Campo eléctrico (cargas en reposo)	Campo magnético
Fuerza sobre una carga	$q\vec{E}$, en la dirección del campo; puede hacer trabajo	$q\vec{v} \times \vec{B}$, perpendicular a $\vec{v}$ y a $\vec{B}$; no hace trabajo
Entre «iguales»	Cargas del mismo signo se repelen	Corrientes del mismo sentido se atraen
Constante	$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9$ N·m²/C²	$\frac{\mu_0}{4\pi} \approx 10^{-7}$ T·m/A

CUESTIÓN RAZONADA

¿Se puede definir un potencial magnético como se define el potencial eléctrico? Razónalo.

Respuesta modelo

No. Solo los campos conservativos tienen potencial, y eso exige que la circulación a lo largo de cualquier línea cerrada sea cero. Para el campo magnético, la ley de Ampère da $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$, distinto de cero si la línea rodea una corriente (por ejemplo, una circunferencia alrededor de un hilo, donde $\vec{B}$ va siempre en el sentido del recorrido). Por tanto, el campo magnético **no es conservativo**.

Por qué puntúa. Afirmación + ley + ejemplo concreto: así se puntúa una cuestión teórica.

10 Qué te piden en tu comunidad

Lo que dicen los documentos oficiales de cada comisión sobre este tema y lo que ha caído en las convocatorias ordinarias y extraordinarias de 2025–2026. Que algo no haya caído **no** significa que no entre.

Comunidad	Qué dice el documento oficial	Qué ha caído en 2025–2026
Andalucía	No se exigen las expresiones de espira, bobina y solenoide; hilo y fuerza sobre una corriente sin deducción matemática; superposición de dos corrientes; hay que deducir la fuerza por unidad de longitud entre hilos (Directrices y orientaciones 2026-27)	Campo de dos hilos y fuerza por unidad de longitud (2025 extraordinaria); en las reservas, también la fuerza sobre una carga que pasa junto a los hilos
Aragón	Sin exclusiones; hilos, espiras, solenoides y toros en sus saberes	Hilos paralelos: fuerza entre ellos y punto de campo nulo (2025 extraordinaria); cable de 40 A (2026 ordinaria)
Asturias	La ficha 2025-26 copia el saber del Decreto: hilos, espiras, solenoides y toros; deducir la fuerza entre conductores paralelos	Dos hilos, campo nulo y fuerza (2025 ordinaria); dos varillas (2026 extraordinaria)
Canarias	La expresión del campo «debido a uno o dos conductores rectilíneos»; la espira y el solenoide se caracterizan «mediante sus líneas de campo» (Matriz PAU 2027)	Dos hilos: campo vectorial, punto nulo y fuerza (2025 ordinaria, 2026 ordinaria y extraordinaria)
Cantabria	Hilos, espira y conjunto de espiras, fuerza entre conductores paralelos, saberes prioritarios (matriz de la UC)	Fuerza sobre una varilla, con inducción (2025 ordinaria)
Castilla-La Mancha	Espiras solo en sus centros, solenoide infinito, toro solo en la circunferencia central; fuerza entre conductores paralelos (orientación Crue 2025-26; pendiente de confirmar para 2027)	No ha caído en 2025–2026
Castilla y León	Campo de dos o más conductores, espira y conjunto de espiras, fuerza entre paralelos; el Decreto 40/2022 cita la definición de amperio	Fuerza entre hilos y puntos de campo nulo (2026 ordinaria)
Cataluña	Se puede pedir el campo de hilos infinitos, del centro de una espira y del interior de un solenoide, con las expresiones dadas (Orientacions PAU 2027); la fuerza entre dos hilos paralelos, en la «Relació de conceptes» (2024)	Fuerza sobre una barra o varilla con corriente, junto a la inducción (2025 ordinaria y extraordinaria); dos cables paralelos solo en el examen de incidencias de 2025
Comunitat Valenciana	Hilos, espiras, solenoides o toros; fuerza entre conductores paralelos con diagrama (Documento de orientación 2026-27)	Campo de hilos con superposición y cable de 18 kA (2025 y 2026)
Extremadura	Biot y Savart en el centro de una espira; Ampère para hilo, solenoide y toroide; motor elemental (Aspectos curriculares 2025-26)	No ha caído en 2025–2026 (sí en el modelo 2025)
Galicia	Sin exclusiones; Oersted entre las prácticas de la PAU 2027, tratada de forma «procedemental e cualitativa» (orientaciones 2025-26)	Campo a distancia 2r, corriente para anular el campo, hilo y fuerza entre hilos
Illes Balears	Formulario con hilo, centro de espira, solenoide y fuerza entre hilos	Tres y cuatro hilos, espiras con hilo (las 4 convocatorias)

Comunidad	Qué dice el documento oficial	Qué ha caído en 2025–2026
La Rioja	«No se pedirán demostraciones»; conductores paralelos y par sobre una espira rectangular (guía 2025-26; pendiente de confirmar para 2027)	Triángulo de hilos, hilos perpendiculares y dos conductores
Madrid	Fuera el momento magnético de la espira (presentación de la Comisión 2025-26: en 2025-26; pendiente de confirmar para 2027)	Campo de dos hilos (2025 extraordinaria; 2026 coincidente, con fuerza)
Murcia	Hilos paralelos o perpendiculares, espira solo en el centro, solenoide infinito, toro en la circunferencia central, fuerza entre paralelos (Especificaciones 2027)	Campo de un rayo tratado como corriente rectilínea (2025 ordinaria)
Navarra	Sin exclusiones (hilos, espiras, solenoides y toroides)	Cables con contexto, campo nulo y fuerza (las 4 convocatorias)
País Vasco	Sin exclusiones; tabla de constantes con datos de sobra	Dos hilos: campo nulo, punto medio y fuerza (2025)

Documentos: los de cada comisión citados en las fuentes. Ceuta y Melilla se examinan con Andalucía.

Cómo se puntúan los vectores

Galicia (2025): 0,25 por el módulo del campo de un hilo, 0,5 por su dirección y sentido y 0,25 por decir que la fuerza entre hilos es atractiva. **Cantabria**: dar un campo o una fuerza solo en módulo vale la mitad. **Illes Balears**: -0,1 si falta o sobra la flecha de vector más de una vez. **Andalucía** penaliza los vectores sin flecha. Escribe siempre el vector con $\vec{\imath}$, $\vec{\jmath}$, $\vec{k}$ y dibújalo.

11 Ejercicio resuelto: campo vectorial de dos hilos y fuerza entre ellos (Madrid 2026)

PAU COMUNIDAD DE MADRID 2026 · CONVOCATORIA COINCIDENTE (ORDINARIA) · PREGUNTA 3.A (BLOQUE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO; A ELEGIR ENTRE 3.A Y 3.B; 2,5 PUNTOS)

Un hilo rectilíneo paralelo al eje z, que pasa por el punto (4, 0) m del plano xy, lleva una intensidad de corriente $I_1 = 2$ A en sentido positivo del eje z. Otro hilo, paralelo al anterior, que pasa por el punto (0, 5) m del plano xy lleva una intensidad $I_2 = 3$ A en sentido negativo del eje z. Dato: Permeabilidad del vacío, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m A^{-1}.

a) Determine el campo magnético en el origen del plano xy. (1,5 puntos)

b) Halle el módulo de la fuerza magnética por unidad de longitud entre los hilos. (1 punto)

Apartado a)

1. **La idea:** los dos hilos son perpendiculares al plano xy. En el origen O cada uno crea un campo **perpendicular a la recta que lo une con O**; calculas cada vector con $\vec{B} = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi d}(\vec{u}_I \times \vec{u}_r)$ y los sumas.
2. **Esquema:** en el plano xy, el hilo 1 en (4, 0) con $\odot$ (sube por $+z$) y el hilo 2 en (0, 5) con $\otimes$ (baja por $-z$). Distancias al origen: $d_1 = 4$ m y $d_2 = 5$ m.
3. **Hilo 1:** $B_1 = \dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi d_1} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{2\pi \cdot 4} = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ T. Dirección: $\vec{u}_{I_1} = \vec{k}$ y $\vec{u}_{r_1}$ va del hilo a O, $-\vec{\imath}$; $\vec{k} \times (-\vec{\imath}) = -\vec{\jmath}$. Así, $\vec{B}_1 = -1{,}0 \cdot 10^{-7}\,\vec{\jmath}$ T. Con la mano: corriente hacia ti, las líneas giran en sentido antihorario; a la izquierda del hilo, el campo apunta hacia abajo.
4. **Hilo 2:** $B_2 = \dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi d_2} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3}{2\pi \cdot 5} = 1{,}2 \cdot 10^{-7}$ T. Dirección: $\vec{u}_{I_2} = -\vec{k}$ y $\vec{u}_{r_2} = -\vec{\jmath}$; $(-\vec{k}) \times (-\vec{\jmath}) = \vec{k} \times \vec{\jmath} = -\vec{\imath}$. Así, $\vec{B}_2 = -1{,}2 \cdot 10^{-7}\,\vec{\imath}$ T (corriente que se aleja: giro horario; debajo del hilo, hacia la izquierda).
5. **Suma:** $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = (-1{,}2\,\vec{\imath} - 1{,}0\,\vec{\jmath}) \cdot 10^{-7}$ T, de módulo $B = \sqrt{1{,}2^2 + 1{,}0^2} \cdot 10^{-7} = 1{,}56 \cdot 10^{-7}$ T. Dibuja los dos vectores y la resultante en O.

SOLUCIÓN $\vec{B} = -1{,}2 \cdot 10^{-7}\,\vec{\imath} - 1{,}0 \cdot 10^{-7}\,\vec{\jmath}$ T ($B = 1{,}56 \cdot 10^{-7}$ T), en el plano xy y apuntando hacia el tercer cuadrante. Coincide con la solución oficial.

Apartado b)

1. **La idea:** la fuerza por unidad de longitud entre dos hilos paralelos es $F/L = \mu_0 I_1 I_2 / 2\pi d$, donde d es la **distancia entre los hilos** (no la de cada hilo al origen).
2. **Distancia:** los dos hilos son paralelos al eje z, así que d es la distancia entre (4, 0) y (0, 5): $d = \sqrt{4^2 + 5^2} = \sqrt{41} = 6{,}40\ \text{m}$.
3. **Deducción rápida:** el hilo 1 crea en el hilo 2 un campo $B_1 = \mu_0 I_1 / 2\pi d$ perpendicular al hilo 2, y sobre un tramo L del hilo 2 actúa $F = I_2 L B_1$. Por tanto, $\dfrac{F}{L} = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 3}{2\pi \cdot 6{,}40} = 1{,}87 \cdot 10^{-7}\ \text{N/m}$.
4. **Sentido** (no lo piden, pero suma): las corrientes van en sentidos opuestos, así que los hilos **se repelen**; la fuerza sobre cada uno va a lo largo de la recta que los une, alejándolo del otro.

SOLUCIÓN $F/L = 1{,}87 \cdot 10^{-7}$ N/m, repulsiva, igual en los dos hilos. Coincide con la solución oficial.

Lo que puntúa. Los criterios específicos de Madrid son generales: «Se valorará positivamente la inclusión de pasos detallados, así como la realización de diagramas, dibujos y esquemas», «valorándose positivamente la identificación de los principios y leyes físicas involucradas» y «Se valorará la destreza en la obtención de resultados numéricos y el uso correcto de las unidades en el Sistema Internacional»; cada apartado se puntúa «desglosada en múltiplos de 0,1 puntos». La solución oficial da $\vec{B}_1 = -1{,}0 \cdot 10^{-7}\,\vec{\jmath}$ T, $\vec{B}_2 = -1{,}2 \cdot 10^{-7}\,\vec{\imath}$ T y $F/L = 1{,}87 \cdot 10^{-7}$ N m⁻¹ con $d = 6{,}40$ m: el campo tiene que ir en forma **vectorial**.

Error típico que te quita puntos. Dar solo el módulo del campo, o sumar los módulos ($2{,}2 \cdot 10^{-7}$ T) como si los campos fueran paralelos. Y en el apartado b, usar 4 m o 5 m como distancia en lugar de la distancia entre los hilos, 6,40 m.

12 Ejercicio resuelto: campo en el centro de dos espiras y un hilo (Illes Balears 2026)

PAU ILLES BALEARS 2026 · CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA (JULIO) · PREGUNTA 3, OPCIÓN A.1 (A ELEGIR ENTRE A.1 Y A.2; 1,5 PUNTOS)

(Traducido del catalán.) La figura muestra dos espiras circulares y un hilo conductor recto. [Figura: arriba, un hilo recto horizontal por el que circulan $I_2 = 12$ A; debajo, a 2 mm del hilo, dos espiras circulares concéntricas de 10 mm (exterior) y 8 mm (interior) de diámetro. Las espiras forman un solo circuito: la corriente $I_1 = 5$ A entra por un terminal a la izquierda, recorre la espira exterior y, unidas por la parte inferior, vuelve por la interior; la flecha de I_1 marca sentido antihorario en la espira interior. El centro común está marcado como $\mathbf{B}_c$.] (El formulario de la UIB trae las expresiones del campo de un hilo y del centro de una espira; la tabla de constantes de 2026 incluía μ_0.)

i) Determinad la intensidad y la orientación del campo magnético Bc en el centro de las espiras circulares debido a las corrientes de 12 A y 5 A, cuando la corriente del hilo recto circula hacia la derecha. (1 punto)

ii) Argumentad si el módulo del campo Bc aumenta o disminuye cuando la corriente del hilo recto cambia de sentido y va hacia la izquierda. (0,5 puntos)

Apartado i)

1. **La idea:** en el centro, los tres campos (espira interior, espira exterior e hilo) son **perpendiculares al papel**, así que se suman con signo. Tomamos positivo el sentido que **sale** del papel (⊙), como la solución oficial.
2. **Datos en SI:** radios $R_{\text{int}} = 4$ mm y $R_{\text{ext}} = 5$ mm (la mitad de los diámetros). Distancia del hilo al centro: $d = 2 + 5 = 7$ mm.
3. **Sentido de las corrientes en las espiras:** la corriente da la vuelta a la exterior y regresa por la interior, de modo que las recorre en **sentidos opuestos**: antihorario la interior (la flecha) y horario la exterior. Con la mano derecha, la interior crea ⊙ y la exterior ⊗.
4. **Espiras:** $B_{\text{int}} = \dfrac{\mu_0 I_1}{2R_{\text{int}}} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot 0{,}004} = 7{,}85 \cdot 10^{-4}\ \text{T}\ (\odot)$; $B_{\text{ext}} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot 0{,}005} = 6{,}28 \cdot 10^{-4}\ \text{T}\ (\otimes)$. Juntas: $1{,}57 \cdot 10^{-4}$ T saliendo del papel.

5. **Hilo:** $B_{\text{hilo}} = \dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi d} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 12}{2\pi \cdot 0{,}007} = 3{,}43 \cdot 10^{-4}$ T. Corriente hacia la derecha y centro **debajo** del hilo: con el pulgar hacia la derecha, los dedos entran en el papel por debajo del hilo, $\otimes$ (es decir, $\vec{\imath} \times (-\vec{\jmath}) = -\vec{k}$).
6. **Suma:** $B_c = 7{,}85 \cdot 10^{-4} - 6{,}28 \cdot 10^{-4} - 3{,}43 \cdot 10^{-4} = -1{,}86 \cdot 10^{-4}$ T. El signo menos indica que el campo total **entra** en el papel.

SOLUCIÓN $B_c = 1{,}86 \cdot 10^{-4}$ T = 186 μT, perpendicular al plano de las espiras y **entrando en el papel** ($\otimes$). Coincide con la solución oficial (186 μT, $\otimes$).

Apartado ii)

1. **La idea:** al invertir la corriente del hilo solo cambia el **sentido** de su campo; las espiras siguen igual.
2. Antes, el campo del hilo ($3{,}43 \cdot 10^{-4}$ T, $\otimes$) se **oponía** al de las dos espiras ($1{,}57 \cdot 10^{-4}$ T, $\odot$) y el total era la diferencia. Ahora el campo del hilo sale del papel y se **suma**: $B_c = 1{,}57 \cdot 10^{-4} + 3{,}43 \cdot 10^{-4} = 5{,}00 \cdot 10^{-4}$ T, saliendo del papel.

SOLUCIÓN El módulo **aumenta**: de 186 μT a 0,500 mT (500 μT), y el campo pasa a salir del papel.

Lo que puntúa. Criterios oficiales de la UIB (julio de 2026, traducidos del catalán): en (i), «Todo bien: 1 punto», con +0,35 «si los campos de las espiras tienen sentidos contrarios y el campo del hilo recto tiene el mismo sentido que el de la espira grande», +0,35 por $B_c = 186$ μT y +0,3 por el sentido de $\mathbf{B}_c$ ($\otimes$). En (ii), «Todo bien: 0,5 puntos» con el razonamiento: el campo de las espiras vale 0,157 mT, el del hilo 0,343 mT, el total pasa de -0,186 mT a 0,500 mT y «El módulo del campo ha aumentado». Además, en Illes Balears hay que poner unidades en todos los resultados y la flecha de vector.

Error típico que te quita puntos. Usar los **diámetros** (8 y 10 mm) como radios, lo que da la mitad del campo de cada espira; poner π en la expresión de la espira o quitarlo en la del hilo; o sumar los tres módulos sin mirar los sentidos.

13 Ejercicio resuelto: campo de un cable industrial y normativa (Comunitat Valenciana 2025)

PAU COMUNITAT VALENCIANA 2025 · CONVOCATORIA ORDINARIA (JUNIO) · PREGUNTA 2, CUESTIÓN OBLIGATORIA DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO (1,5 PUNTOS)

Una trabajadora de una planta de electrolisis para la producción de cloro, realiza tareas de mantenimiento debajo de un cable conductor, por el que circula una corriente de 18 kA que se puede considerar rectilínea e indefinida. El cable se encuentra a 4 m sobre el suelo, como muestra la figura. [Figura: el cable, horizontal, a $y = 4$ m del suelo, con la corriente I hacia la izquierda; debajo, la trabajadora de pie, con la cabeza a $h = 1{,}6$ m; ejes dibujados: $\vec{\imath}$ hacia arriba, $\vec{\jmath}$ hacia la izquierda y $\vec{k}$ saliendo del papel.] Dato: permeabilidad magnética en el vacío, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T m/A.

Calcula el vector campo magnético sobre la cabeza de la trabajadora (a una altura de 1,6 m) y representa dicho vector conjuntamente con la corriente que circula por el cable. Justifica la respuesta, indicando la ley física en que se fundamenta y el significado de cada una de las magnitudes que intervienen. El Real Decreto 299/2016, contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos, establece que la exposición a un campo magnético estático no debe superar los 2 T ¿está protegida la trabajadora en base a esta normativa? (1,5 puntos)

1. **La idea:** es el campo de un hilo rectilíneo indefinido en un punto. Te piden cuatro cosas, que es justo como se puntúa: la ley y sus magnitudes, el cálculo del **vector**, el dibujo y la comparación con la norma.
2. **Ley:** la expresión de Biot y Savart para un conductor rectilíneo indefinido, $B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi d}$: B es el módulo del campo magnético (T), μ_0 la permeabilidad magnética del vacío (T·m/A), I la intensidad de corriente (A) y d la distancia del cable al punto (m). Las líneas son circunferencias centradas en el cable y el sentido lo da la regla de la mano derecha.

3. **Distancia:** del cable (4 m) a la cabeza (1,6 m): $d = 4 - 1{,}6 = 2{,}4$ m.
4. **Módulo:** $B = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 18\,000}{2\pi \cdot 2{,}4} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ T.
5. **Dirección y sentido con los ejes del examen:** la corriente va hacia la izquierda, $\vec{u}_I = \vec{j}$; del cable a la cabeza hay que bajar, $\vec{u}_r = -\vec{\imath}$. Entonces $\vec{j} \times (-\vec{\imath}) = -(\vec{j} \times \vec{\imath}) = \vec{k}$: el campo **sale del papel**. Con la mano: pulgar hacia la izquierda, debajo del cable los dedos salen hacia ti. En el dibujo, $\odot$ sobre la cabeza junto a la flecha de I.
6. **Normativa:** $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ T es unas 1300 veces menor que el límite de 2 T: respecto a esa norma, la trabajadora **está protegida**. Para hacerte una idea, es unas 34 veces el campo terrestre en el centro de la Península (unos 44 μT, IGN).

SOLUCIÓN $\vec{B} = 1{,}5 \cdot 10^{-3}\,\vec{k}$ T (1,5 mT, saliendo del papel) sobre la cabeza; muy por debajo de 2 T, así que se cumple el límite del Real Decreto 299/2016.

Lo que puntúa. Criterios oficiales: «Hasta 1,5 puntos (0,3 indicar la ley de Biot y Savart y el significado de las magnitudes, 0,5 representar el vector campo magnético y la corriente, 0,5 calcular el vector campo magnético en el punto indicado y 0,2 indicar si se cumple la normativa)». Las instrucciones del examen piden: «Realiza primero el cálculo simbólico y después obtén el resultado numérico». Los criterios no publican el resultado numérico.

Error típico que te quita puntos. Usar 4 m como distancia (la altura del cable sobre el suelo) en lugar de 2,4 m, o dar solo el módulo cuando piden el **vector**. Otro clásico: no fijarse en que los ejes del dibujo no son los habituales ($\vec{\imath}$ hacia arriba).

Conceptos clave

Experiencia de Oersted
Experimento de 1820 en el que una brújula se desvía junto a un hilo con corriente: demostró que las corrientes crean campo magnético.

Campo magnético
Campo vectorial $\vec{B}$ que ejerce fuerza sobre cargas en movimiento y corrientes. Unidad: tesla (T); $1\ \text{G} = 10^{-4}$ T.

Permeabilidad magnética del vacío
Constante $\mu_0 \approx 4\pi \cdot 10^{-7}$ T·m/A que aparece en el campo creado por corrientes. Desde 2019 es un valor medido, no exacto.

Regla de la mano derecha
En un hilo, el pulgar indica la corriente y los dedos curvados el sentido de B; en una espira o un solenoide, los dedos siguen la corriente y el pulgar da B en el centro.

Ley de Biot y Savart
Campo que crea cada elemento de corriente: $d\vec{B} = \dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{I\,d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2}$. Para un hilo indefinido da $B = \mu_0 I / 2\pi d$.

Ley de Ampère
La circulación de $\vec{B}$ a lo largo de una línea cerrada es μ_0 por la corriente que la atraviesa: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$. Prueba que B no es conservativo.

Solenoide
Bobina larga de espiras juntas. En su interior el campo es casi uniforme: $B = \mu_0 N I / L$. Se comporta como un imán de barra.

Toro
Solenoide cerrado en forma de anillo. Dentro, $B = \mu_0 N I / 2\pi r$; fuera, el campo es nulo.

Principio de superposición
El campo de varias corrientes en un punto es la suma vectorial de los campos que crea cada una por separado.

Segunda ley de Laplace
Fuerza sobre un conductor recto con corriente en un campo: $\vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$.

Fuerza entre corrientes paralelas
$F/L = \mu_0 I_1 I_2 / 2\pi d$; atractiva si las corrientes van en el mismo sentido y repulsiva si van en sentidos opuestos.

Amperio
Unidad SI de intensidad. Desde 2019 se define fijando la carga elemental, $e = 1{,}602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$ C; antes, con la fuerza entre dos hilos a 1 m.

Momento sobre una espira

Par que un campo uniforme ejerce sobre una espira con corriente: $M = NISB\,\text{sen}\,\theta$, con θ el ángulo entre el vector superficie y B.

Motor de corriente continua

Espiras que giran por el par magnético; un conmutador invierte la corriente cada media vuelta para que el giro sea continuo.

MODO PAU

Siete claves que valen puntos

Vector completo

Módulo, dirección y sentido, con $\vec{\imath}$, $\vec{\jmath}$, $\vec{k}$ y un **esquema**. En Galicia 2025, la dirección y el sentido del campo de un hilo valían el doble que el módulo; en Cantabria, solo el módulo es la mitad.

Uno entre d

El campo de un hilo baja con $1/d$, **no** con $1/d^2$. A doble distancia, mitad de campo.

Mano derecha

Hilo: pulgar = corriente, dedos = $\vec{B}$. Espira y solenoide: dedos = corriente, pulgar = $\vec{B}$. Comprueba con $\vec{u}_I \times \vec{u}_r$.

Campo nulo

Corrientes en el **mismo** sentido: **entre** los hilos. **Opuestas**: **fuera**, del lado de la menor. Iguales y opuestas: en ningún punto.

Fuerza entre hilos

Dedúcela (B_1 en el hilo 2 y $F = I_2 L B_1$) y di si se **atraen** (mismo sentido) o se **repelen**. Andalucía y Asturias exigen la deducción.

Unidades SI

mm y cm a metros, μT y mT a teslas, kA a amperios. Radio, no diámetro.

Lo que te dan

Cataluña da las expresiones del hilo, la espira y el solenoide; Illes Balears las trae en su formulario; Andalucía no exige las de espira y solenoide. μ_0 te la dan cuando hace falta.

Cómo te lo pueden preguntar

- Campo magnético de uno o varios hilos rectilíneos en un punto (módulo, dirección y sentido, superposición con esquema): sale en 28 de las 68 convocatorias ordinarias y extraordinarias de 2025 y 2026, en 13 comunidades.
- Fuerza sobre corrientes: sale en 18 de las 68 convocatorias, en 12 comunidades. En 14 de ellas (10 comunidades) es la **fuerza por unidad de longitud entre dos hilos paralelos** y si se atraen o se repelen, casi siempre como segundo apartado del problema de hilos; en las otras 4 es la fuerza sobre una varilla, una barra o el lado de una espira, junto a la inducción (Cantabria 2025, Cataluña 2025 ordinaria y extraordinaria, Navarra 2026 extraordinaria).
- Punto (o recta) donde se anula el campo de dos hilos, o corriente que hay que poner en un hilo para anularlo: en 2025–2026 ha caído en Aragón, Asturias, Illes Balears, Canarias, Castilla y León, Galicia, La Rioja (2025 extraordinaria, con hilos perpendiculares, y 2026 ordinaria), Madrid, Navarra y País Vasco.
- Contexto real (competencial): cables de líneas eléctricas o de instalaciones industriales con una norma de seguridad (Aragón 2026, Comunitat Valenciana 2025, Navarra 2025) o un rayo tratado como corriente rectilínea (el pararrayos de Navarra 2026 y Murcia 2025).
- Campo en el centro de espiras, solo o con un hilo: Illes Balears 2025 y 2026 (extraordinarias). En 2025–2026 no se ha pedido calcular el campo de un solenoide o de un toro ni usar la ley de Ampère (Murcia 2025 extraordinaria mete un electrón en un solenoide, pero da su campo).
- En conjunto, el tema sale en 32 de las 68 convocatorias, en 15 comunidades; en Castilla-La Mancha y Extremadura no ha caído en las ordinarias y extraordinarias de 2025–2026.

No lo confundas

- **Campo de un hilo** ($\mu_0 I/2\pi d$, baja con $1/d$) con **campo de una carga puntual** (Kq/r^2, baja con $1/r^2$).
- **Corrientes del mismo sentido** (se atraen) con **cargas del mismo signo** (se repelen).
- **Espira** ($\mu_0 I/2R$, sin π, y R es el radio) con **hilo** ($\mu_0 I/2\pi d$, con π).
- N (espiras totales) con $n = N/L$ (espiras por metro) en el solenoide: $B = \mu_0 n I = \mu_0 N I/L$.
- d **en el campo** (distancia del hilo al punto) con d **en la fuerza** (distancia entre los dos hilos).

- **Ángulo entre $\vec{S}$ y $\vec{B}$** (el de $M = NISB\,\mathrm{sen}\,\theta$) con el ángulo entre el **plano** de la espira y $\vec{B}$: son complementarios.
- **Definición actual del amperio** (fija el valor de e, desde 2019) con la **antigua** (fuerza entre dos hilos a 1 m).

Ponte a prueba

PAU Principado de Asturias 2026 (extraordinaria), Pregunta 4 (2 puntos; se responden cinco preguntas cualesquiera de las ocho). Colocamos dos varillas rectilíneas de níquel (buen conductor eléctrico) muy largas, de longitud L, mutuamente paralelas y a una distancia de 10 mm entre ellas. Por las varillas circulan corrientes eléctricas de igual magnitud, pero en sentido opuesto. El campo magnético en un punto del plano que determinan las varillas y equidistante entre ellas es de 2 mT. Calcule: a. La intensidad de la corriente en las varillas. Represente el campo magnético en el punto referido, indicando su dirección y sentido respecto al plano que contiene ambas varillas y el sentido de las corrientes eléctricas. (1 punto) b. La fuerza por unidad de longitud que ejerce cada varilla sobre la otra. Justifique si las varillas se atraen o se repelen. (1 punto) (Dato de la tabla del examen: μ_0 = 4π×10⁻⁷ N·A⁻².)

Solución: a) En el punto medio, con corrientes opuestas, los dos campos tienen el **mismo sentido** y el mismo módulo (misma corriente y misma distancia, $d = 5$ mm), así que cada uno vale 1 mT: $I = \dfrac{2\pi d B_1}{\mu_0} = \dfrac{2\pi \cdot 0{,}005 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 25$ A. El campo es perpendicular al plano de las varillas: si la de arriba lleva la corriente hacia la derecha y la de abajo hacia la izquierda, en el punto medio los dos campos entran en el papel. b) $\dfrac{F}{L} = \dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi d} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 25^2}{2\pi \cdot 0{,}010} = 1{,}25 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{N/m}$; como las corrientes son opuestas, **se repelen** (el campo de una en la otra y $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ dan una fuerza hacia fuera). Coincide con la solución oficial (25 A; $1{,}25 \cdot 10^{-2}$ N·m⁻¹, se repelen).

PAU Castilla y León 2026 (ordinaria), Bloque 2, Opción B, pregunta 5 (2 puntos; a elegir entre las opciones A y B del bloque). Dos hilos rectilíneos paralelos de longitud infinita distan 12 cm y transportan, respectivamente, corrientes de intensidad $I_1 = 3$ A e $I_2 = 9$ A en sentidos opuestos. Determine, acompañando sus cálculos de esquemas ilustrativos: a) La fuerza por unidad de longitud que aparece entre los hilos. (1 punto) b) Los puntos en los que se anula el campo magnético creado por ambas corrientes. (1 punto) (Tabla del examen: μ_0 = 4 π·10⁻⁷ N A⁻².)

Solución: a) $\dfrac{F}{L} = \dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} = \dfrac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 9}{2\pi \cdot 0{,}12} = 4{,}5 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{N/m}$, **repulsiva** (sentidos opuestos), igual sobre los dos hilos; en el esquema, $\vec{B}_1$ en el hilo 2 y las dos fuerzas hacia fuera. b) Con corrientes opuestas, entre los hilos los campos se suman; el campo solo se anula **fuera, del lado del hilo de 3 A**: $\dfrac{3}{x} = \dfrac{9}{x + 12} \Rightarrow x = 6$ cm. Son los puntos de la recta paralela a los hilos, en su mismo plano, a 6 cm del hilo de 3 A y a 18 cm del de 9 A. Baremo oficial: 0,75 por cada cálculo y 0,25 por cada esquema.

PAU Canarias 2026 (extraordinaria), Bloque II, Pregunta 4 (3 puntos; responda 3 o 4). Dos conductores rectilíneos, indefinidos y paralelos, perpendiculares al plano XY, pasan por los puntos A (8,0) y B (0,6) según indica la figura, en unidades del S.I. Las corrientes circulan por ambos conductores en el mismo sentido, hacia fuera del plano del papel, siendo el valor de la corriente $I_1 = 6$ A e $I_2 = 9$ A. Calcule: a) A qué distancia del conductor A se anula el campo magnético total sobre la línea que une ambos conductores. (1 punto) b) El vector campo magnético en el origen de coordenadas O y su módulo. (1 punto) c) El módulo de la fuerza por unidad de longitud que ejercen los conductores entre sí. ¿Es atractiva o repulsiva? Justifica la respuesta con un esquema donde aparezcan todas las magnitudes vectoriales involucradas. (1 punto) [Figura: el conductor de I_1 en A, sobre el eje X, y el de I_2 en B, sobre el eje Y, los dos con ⊙.] (Dato del examen: μ_0 = 4π·10⁻⁷ T·m/A.)

Solución: a) Mismo sentido: el campo se anula **entre** los conductores. $AB = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10$ m y $\frac{6}{x} = \frac{9}{10 - x} \Rightarrow x = 4$ m desde A, en el punto (4,8; 2,4) m. b) $\vec{B}_A = \frac{\mu_0 \cdot 6}{2\pi \cdot 8}\left(\vec{k} \times (-\vec{\imath})\right) = -1{,}5 \cdot 10^{-7}\,\vec{\jmath}$ T; $\vec{B}_B = \frac{\mu_0 \cdot 9}{2\pi \cdot 6}\left(\vec{k} \times (-\vec{\jmath})\right) = 3{,}0 \cdot 10^{-7}\,\vec{\imath}$ T. Total: $\vec{B} = 3{,}0 \cdot 10^{-7}\,\vec{\imath} - 1{,}5 \cdot 10^{-7}\,\vec{\jmath}$ T, de módulo $3{,}35 \cdot 10^{-7}$ T. c) $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 \cdot 6 \cdot 9}{2\pi \cdot 10} = 1{,}08 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{N/m}$, **atractiva** (mismo sentido): el campo de A en B y $\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$ dan una fuerza dirigida de B hacia A, y la de B sobre A es igual y opuesta. Canarias no publica la solución numérica.

Fuentes

1. Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, ordenación y enseñanzas mínimas del Bachillerato (Física, bloque B: campos magnéticos de hilos rectilíneos, espiras, solenoides o toros)
2. Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, unidades legales de medida (definición del amperio anterior a 2019)
3. Real Decreto 493/2020, de 28 de abril, que modifica el Real Decreto 2032/2009 (SI revisado: nueva definición del amperio)
4. NIST, CODATA: permeabilidad magnética del vacío (μ0)
5. Instituto Geográfico Nacional: Geomagnetismo (valor medio del campo magnético terrestre en España)
6. Andalucía: Directrices y orientaciones generales PAU 2026-27, Física
7. Asturias: Información sobre la PAU 2025/2026, Física (Universidad de Oviedo)
8. Canarias: Matriz de especificaciones de Física, PAU 2027
9. Cantabria: Física, saberes básicos y concreciones (Universidad de Cantabria)
10. Castilla-La Mancha: Propuesta de orientación de la materia Física 2025/2026 (Crue, publicada por la UCLM)
11. Castilla y León: Decreto 40/2022, currículo del Bachillerato (Física)
12. Cataluña: Orientacions per a l'examen de Física, PAU 2027
13. Comunitat Valenciana: Documento de orientación de Física (PAU) 2026-27
14. Extremadura: Aspectos curriculares orientativos, bloque B (UEx, 2025-26)
15. Galicia: Orientacións do grupo de traballo de Física, curso 2025-26 (CiUG)
16. Galicia: PAU 2027, Prácticas de Física (CiUG)
17. La Rioja: Guía de calificación de Física, PAU 2025-2026 (Universidad de La Rioja)
18. Madrid: Presentación de la Comisión de Materia de Física PAU 2025/2026
19. Murcia: Especificaciones para el ejercicio de Física PAU 2027 (Universidad de Murcia)
20. Examen PAU Física Madrid 2026 (coincidente), con criterios y soluciones
21. Examen PAU Física Illes Balears 2026 (extraordinaria), en catalán
22. Criterios de corrección PAU Física Illes Balears 2026 (extraordinaria), en catalán
23. Examen PAU Física Comunitat Valenciana 2025 (ordinaria)
24. Criterios PAU Física Comunitat Valenciana 2025 (ordinaria)
25. Examen y criterios PAU Física Asturias 2026 (extraordinaria)
26. Examen PAU Física Castilla y León 2026 (ordinaria)
27. Criterios PAU Física Castilla y León 2026 (ordinaria)
28. Examen PAU Física Canarias 2026 (extraordinaria)
29. Examen y criterios PAU Física Aragón 2026 (ordinaria)
30. Examen PAU Física Navarra 2025 (extraordinaria)

Imágenes: Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib).

Apuntes de Farmeando PAU · farmeandopau.com · Revisados frente a fuentes. Última revisión: 1 de noviembre de 2026. Licencia CC BY-NC-ND 4.0: puedes copiarlo y compartirlo citándonos, sin uso comercial ni cambios (las imágenes, con su propia licencia). ¿Un error? Avísanos desde la página del tema. Cómo los hacemos: farmeandopau.com/metodologia.