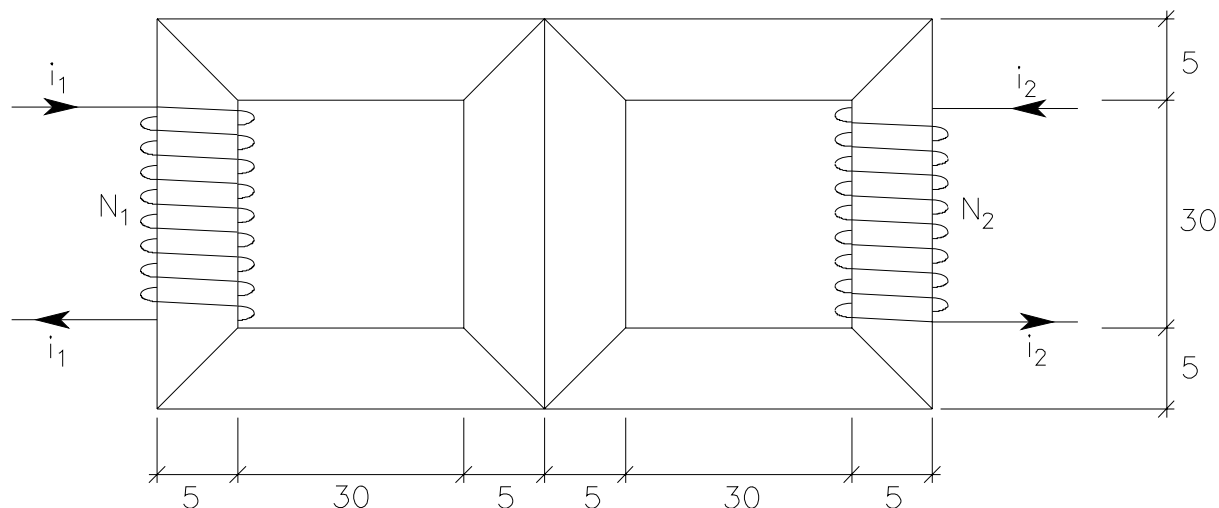


EJEMPLOS DE CIRCUITOS MAGNÉTICOS

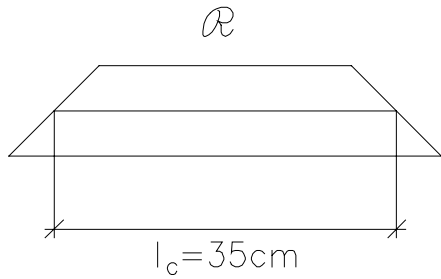
CIRCUITOS MAGNÉTICOS N° 1

En el circuito de la siguiente figura, las dimensiones están dadas en centímetros, siendo la dimensión transversal del núcleo magnético de 10 cm. La permeabilidad relativa del material es de 3000. La corriente aplicada a cada bobinado es $i_1=1$ A e $i_2=1.5$ A y el número de espiras del bobinado de la izquierda es $N_1=700$.



Se quiere calcular el número de espiras necesario en el segundo bobinado, N_2 , para que por la columna central del núcleo magnético circule un flujo de 0.05 Wb.

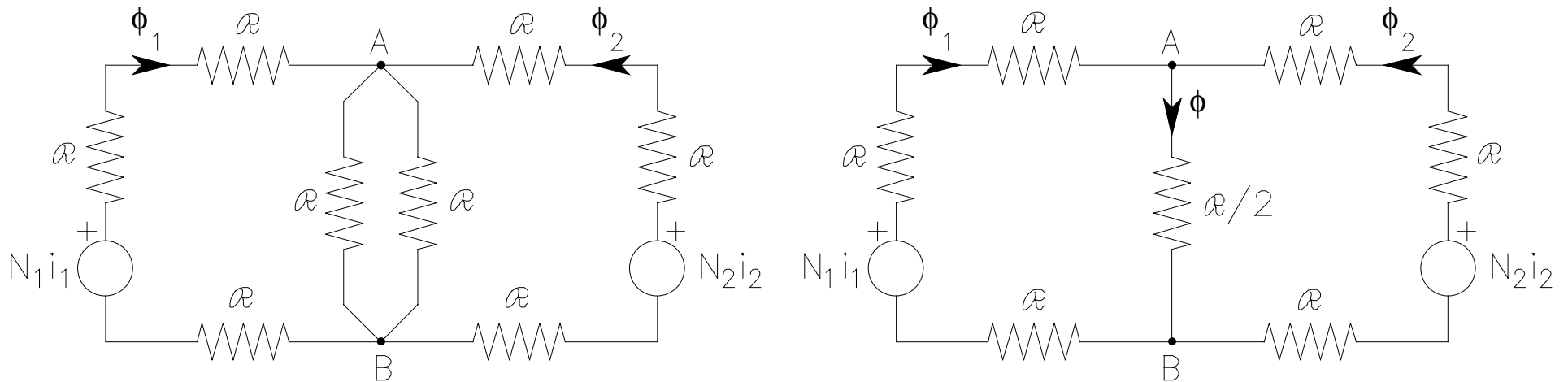
Resolución



Las reluctancias son combinaciones serie o paralelo de ésta.

Reluctancia genérica: $l_c = 35 \text{ cm}$ y $A_c = 50 \text{ cm}^2$

$$\mathfrak{R} = \frac{l_c}{\mu A} = \frac{0.35}{3000\mu_0 0.005} = \frac{0.35}{15\mu_0} = \frac{1}{\mu_0} \frac{7}{300} \left[\frac{\text{Av}}{\text{Wb}} \right]$$



Según Millmann:

$$\mathfrak{I}_{AB} = \frac{\frac{N_1 i_1}{3\mathfrak{R}} + \frac{N_2 i_2}{3\mathfrak{R}}}{\frac{1}{3\mathfrak{R}} + \frac{2}{\mathfrak{R}} + \frac{1}{3\mathfrak{R}}} = \frac{N_1 i_1 + N_2 i_2}{8}$$

Por otra parte, se conoce que $\mathfrak{I}_{AB} = \phi \mathfrak{R} / 2$, con lo cual se obtiene que:

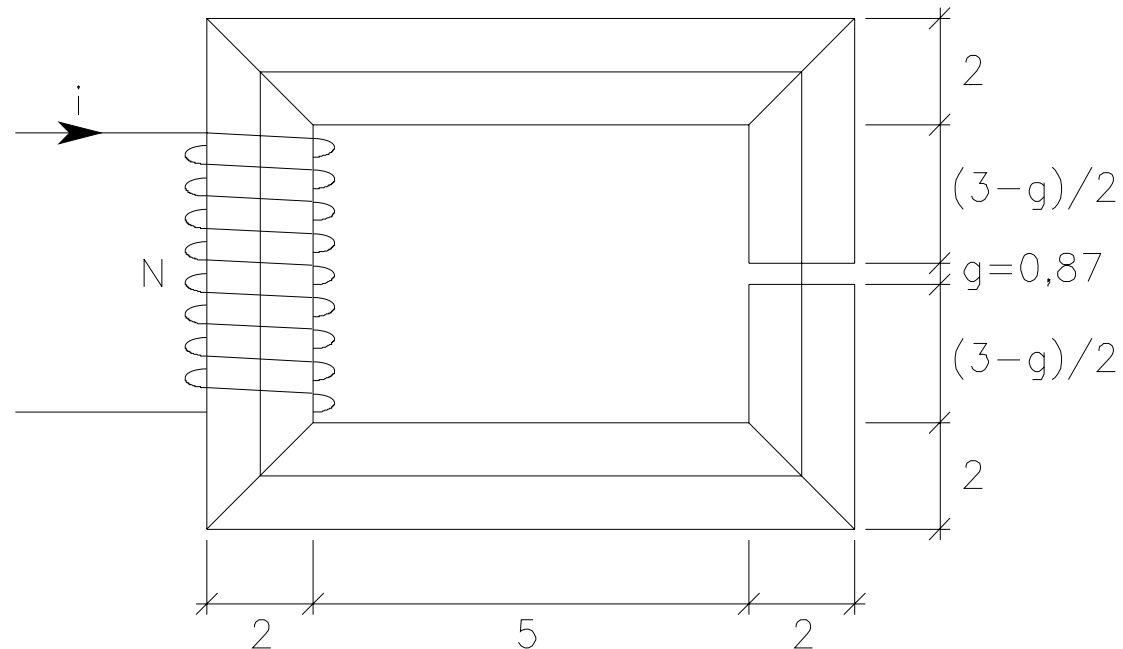
$$N_2 = 4\phi \frac{\mathfrak{R}}{i_2} - N_1 \frac{i_1}{i_2}$$

$$N_2 = 4 \frac{7}{450 \mu_0} 0.05 - 700 \frac{1}{1.5} = 2009.0769 \text{ vueltas}$$

$$N_2 = 2009 \text{ espiras}$$

Se pueden emplear otros metodos de cálculo

CIRCUITOS MAGNÉTICOS Nº 2



Sea el circuito magnético de la figura cuya sección transversal es de 4 cm² y la longitud del entrehierro 0.87 cm. La corriente aplicada al bobinado es 1 A y el número de espiras 700. La permeabilidad relativa es 5000. Se desea calcular la magnitud del flujo magnético que se obtiene en el entrehierro y el tanto por ciento de error que se comete al no tener en cuenta el circuito magnético.

Resolución

Circuito magnético: $l_h = 2 \times 7 + 5 + (5 - g) = 24 - g$ cm y $A_h = 4$ cm² = 0.0004 m²

$$\mathfrak{R}_h = \frac{l_h}{\mu_h A_h} = \frac{(24 - g) 10^{-2}}{5000 \mu_0 4 10^{-4}} = \frac{24 - g}{8\pi} 10^5 = 92031 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}}$$

Entrehierro: $l_g = 0.0087$ m y $A_g = (2 + g)(2 + g) 10^{-4} = 0.00082369$ m²

$$\mathfrak{R}_g = \frac{l_g}{\mu_0 A_g} = \frac{g}{\mu_0 (2 + g)^2 10^{-4}} = \frac{8.7 10^{-3}}{8.2369 \mu_0} = 8405152 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}}$$

$$\phi = \frac{Ni}{\mathfrak{R}_h + \mathfrak{R}_g} = \frac{700}{92301 + 8405152} = 8.238 10^{-5} \text{ Wb}$$

Despreciando el núcleo magnético:

$$\phi' = \frac{Ni}{\mathfrak{R}_g} = \frac{700}{8405152} = 8.328210^{-5} \text{Wb}$$

El error cometido:

$$\varepsilon = \frac{\phi' - \phi}{\phi} = \frac{\mathfrak{R}_h}{\mathfrak{R}_g} = 0.01095 \approx 1.1\%$$

Intensidad necesaria para lograr el mismo flujo sin el entrehierro

$$\mathfrak{R}_t = \frac{l_t}{\mu A_t} = \frac{24 \cdot 10^{-2}}{\mu_o 3000 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 159154.94 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}}$$

$$i = \frac{\phi \mathfrak{R}_t}{N} = \frac{8.238 \cdot 10^{-5} \mathfrak{R}_t}{N} = 0.0187 \text{A}$$

Suponiendo una superficie cuadrada de lado a

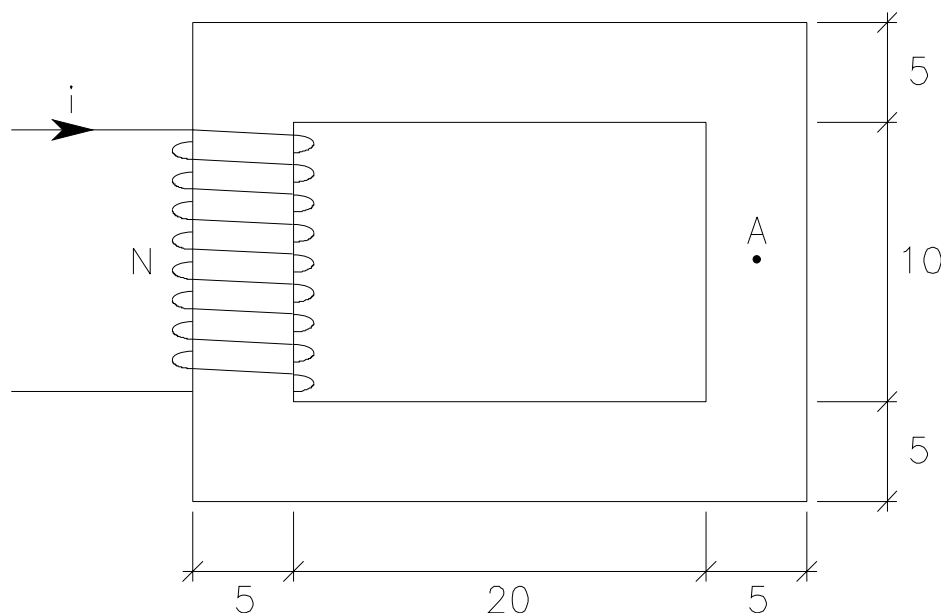
Reluctancia del hierro	$R_h = \frac{l-g}{\mu_a a}$	Reluctancia del entrehierro	$R_o = \frac{g}{\mu_o (a+g)^2}$
------------------------	-----------------------------	-----------------------------	---------------------------------

Reluctancia total	$R = \frac{l-g}{\mu_a a} + \frac{g}{\mu_o (a+g)^2}$	$a+g \approx a$
-------------------	---	-----------------

Operando	$R = \frac{1}{\mu_a^2} (l-g + \mu_r g)$
----------	---

Para una permeabilidad relativa de 1000, cada milímetro de entrehierro supone un aumento equivalente a 1 metro de hierro, así como lo correspondiente en la reluctancia total.

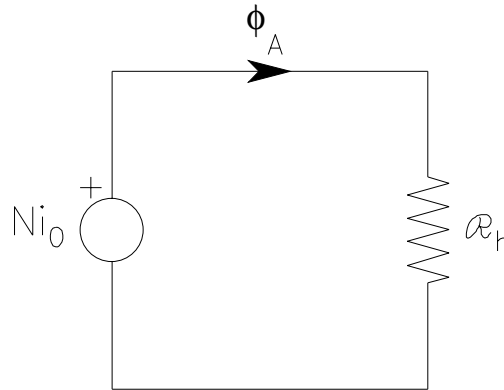
CIRCUITOS MAGNÉTICOS Nº 3



Las dimensiones del circuito de la figura vienen dadas en centímetros. El área transversal es de 25 cm^2 , la permeabilidad relativa del material ferromagnético es 4000 y el número de espiras de la bobina 400. Se quiere calcular el valor de la corriente necesaria en la bobina para que la inducción magnética en el punto A tenga un valor de $B=0,5 \text{ Wb/m}^2$, en cada uno de los siguientes casos:

- 1.- Suponiendo que no hay pérdidas de flujo (reluctancia del aire infinita).
- 2.- Suponiendo que la dispersión se produce en la ventana del núcleo.
- 3.- Suponiendo que la dispersión solamente se produce alrededor de la columna donde se encuentra la bobina.

Resolución Sin Considerar el Flujo de Dispersión

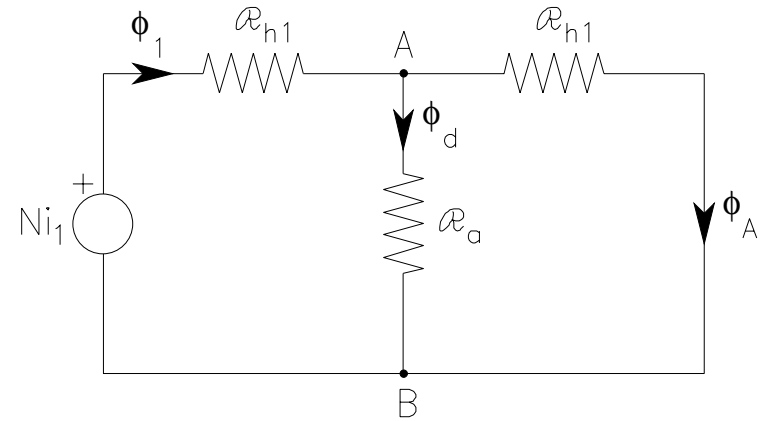
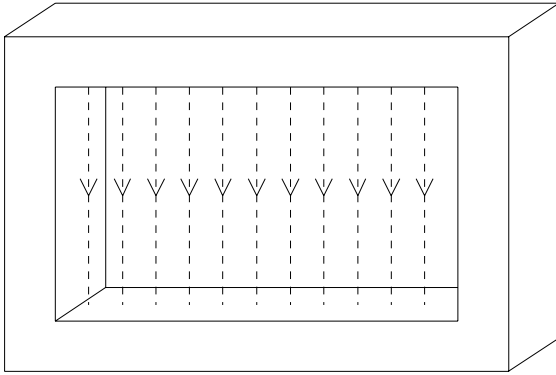


Circuito magnético: $l_h = 2 \times 25 + 2 \times 15 = 0.8 \text{ m}$ y $A_h = 25 \text{ cm}^2 = 0.0025 \text{ m}^2$

$$\mathcal{R}_h = \frac{l_h}{\mu_h A_h} = \frac{0.8}{4000 \mu_0 25 \cdot 10^{-4}} = \frac{2}{\pi} 10^5 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}} \approx 63662 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}}$$

$$i_0 = \frac{\phi_A \mathcal{R}_h}{N} = \frac{1.25 \cdot 10^{-3} \frac{2}{\pi} 10^5}{400} = 0.1989 \text{ A}$$

Flujo de dispersión en la ventana del núcleo



Reluctancia mitad núcleo magnético:

$$\mathfrak{R}_{h1} = \frac{\mathfrak{R}_h}{2} = \frac{1}{\pi} 10^5 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}} = 31831 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}}$$

Reluctancia de ventana: $l_h = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$ y $A_h = 20 \times 5 \text{ cm}^2 = 0.01 \text{ m}^2$
 No se toma un área mayor debido a que el flujo está muy conducido.

$$\mathfrak{R}_a = \frac{l_a}{\mu_0 A_a} = \frac{0.1}{\mu_0 10^{-2}} = \frac{25}{\pi} 10^6 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}} = 7957747 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}}$$

Mediante Millmann:

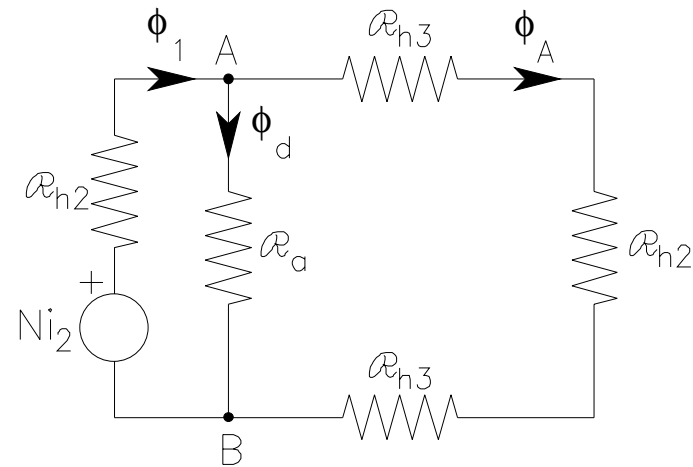
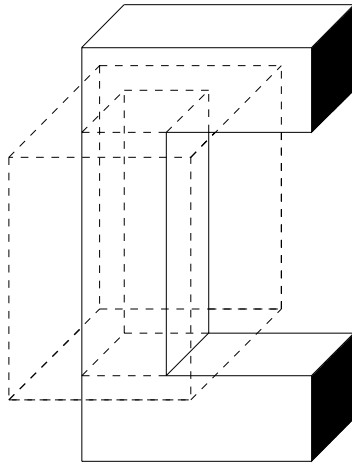
$$\mathfrak{S}_{AB} = \frac{Ni_1 \frac{1}{\mathfrak{R}_{h1}}}{\frac{2}{\mathfrak{R}_{h1}} + \frac{1}{\mathfrak{R}_a}} = Ni_1 \frac{\mathfrak{R}_a}{2\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_{h1}} = Ni_1 \frac{1}{2 + \frac{\mathfrak{R}_{h1}}{\mathfrak{R}_a}} = \mathfrak{R}_{h1} \phi_A$$

$$i_1 = \frac{\phi_A \mathfrak{R}_{h1}}{N} \left(2 + \frac{\mathfrak{R}_{h1}}{\mathfrak{R}_a}\right) = 0.198943A$$

El flujo de dispersión es el 0.4% de ϕ_A :

$$\phi_d = \frac{\mathfrak{S}_{AB}}{\mathfrak{R}_a} = \frac{\phi_A \mathfrak{R}_{h1}}{\mathfrak{R}_a} = \frac{1}{250} \phi_A = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}$$

Flujo de dispersión alrededor de la columna de la bobina



Reluctancias del núcleo magnético

$$\mathcal{R}_{h2} = \frac{3}{16} \mathcal{R}_h \quad \mathcal{R}_{h3} = \frac{5}{16} \mathcal{R}_h$$

Área útil de flujo de dispersión: ≈ 3 ó 4 veces las dimensiones transversales. Eligiendo 4 veces: $l_a = 10\text{cm} = 0.1\text{m}$ y $A_a = (20 \times 20 - 5 \times 5)\text{cm}^2 = 0.0375\text{ m}^2$

$$\mathcal{R}_a = \frac{l_a}{\mu_0 A_a} = \frac{0.1}{\mu_0 3.75 \cdot 10^{-2}} = \frac{2}{3\pi} 10^7 \frac{\text{Av}}{\text{Wb}}$$

Millmann

$$\mathfrak{S}_{AB} = \frac{\frac{N i_2}{\mathfrak{R}_{h2}}}{\frac{1}{\mathfrak{R}_{h2}} + \frac{1}{\mathfrak{R}_{h2} + 2\mathfrak{R}_{h3}} + \frac{1}{\mathfrak{R}_a}} = N i_2 \frac{1}{1 + \frac{\mathfrak{R}_{h2}}{\mathfrak{R}_{h2} + 2\mathfrak{R}_{h3}} + \frac{\mathfrak{R}_{h2}}{\mathfrak{R}_a}} = (\mathfrak{R}_{h2} + 2\mathfrak{R}_{h3}) \phi_A$$

$$i_2 = \frac{\phi_A \mathfrak{R}_h}{N} \left[1 + \frac{\mathfrak{R}_{h2}}{\mathfrak{R}_a} \left(1 - \frac{\mathfrak{R}_{h2}}{\mathfrak{R}_h} \right) \right] = i_0 \left(1 + \frac{117}{25600} \right) = 1.00457 i_0 = 0.19985 \text{ A}$$

Flujo de dispersión del 2,4% de ϕ_A

$$\phi_d = \frac{\mathfrak{S}_{AB}}{\mathfrak{R}_a} = \frac{\phi_A (\mathfrak{R}_{h2} + 2\mathfrak{R}_{h3})}{\mathfrak{R}_a} = \frac{39}{1600} \phi_A \approx 310^{-5} \text{ Wb}$$