

INGENIERÍA MECATRÓNICA



DI_CERO

DIEGO CERVANTES RODRÍGUEZ

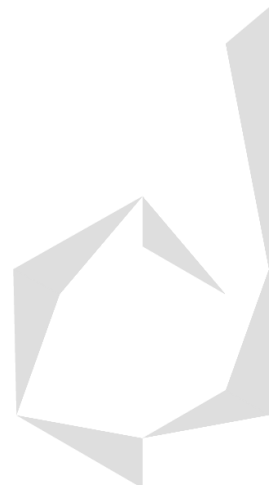
MÁQUINAS ELÉCTRICAS

FEMM Y MATHCAD

Ejercicios de Circuitos
Electromagnéticos

Contenido

Instrucciones:.....	2
Ejercicio 1:.....	2
RESULTADOS Ejercicio 1:.....	2
Ejercicio 2:.....	5
RESULTADOS Ejercicio 2:.....	5

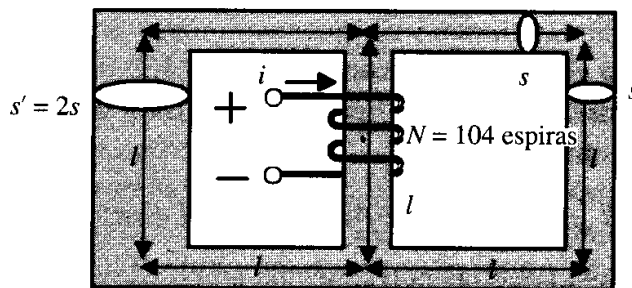


Instrucciones:

I.- A continuación, se tiene un ejemplo con dimensiones, programar con las especificaciones dadas y simular en FEMM o en COMSOL y verificar resultados con el problema resuelto en MATHCAD. Deben entregar el programa desarrollado en FEMM y en MATHCAD

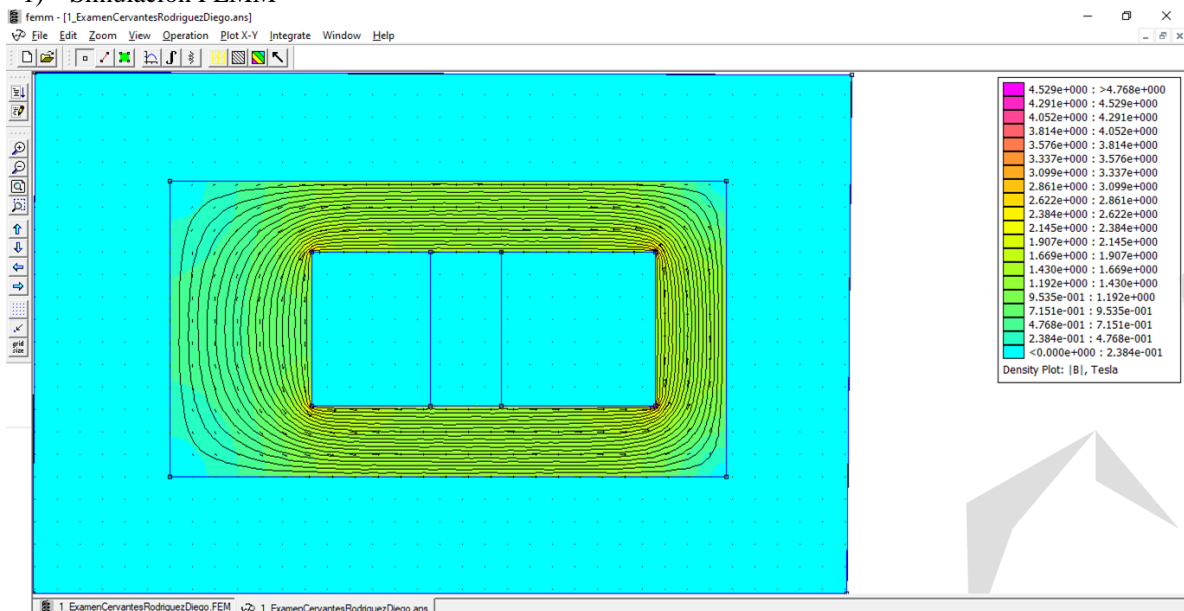
Ejercicio 1:

Calcular la intensidad que debe aplicarse a la bobina del circuito magnético de la Figura P.1.1. para establecer en la columna derecha un flujo de 10^{-3} Wb. La permeabilidad relativa se supone que es constante en todos los puntos y de valor $\mu_r = 400$, y la sección $S = 10 \text{ cm}^2$ es la misma en toda la estructura, excepto en la columna izquierda, que vale 20 cm^2 . La longitud l es igual a 10 cm. Calcular también el flujo en el brazo central.

**Figura P.1.1.**

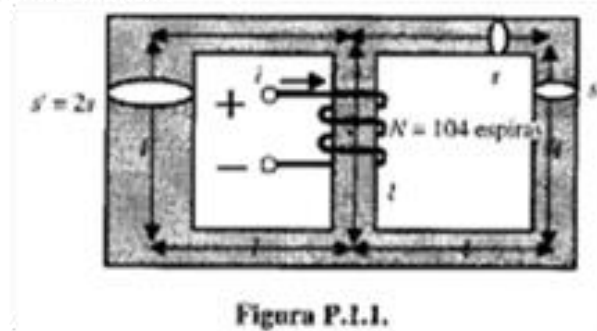
RESULTADOS Ejercicio 1:

1) Simulación FEMM



2) Resultado MathCad

Calcular la intensidad que debe aplicarse a la bobina del circuito magnético de la Figura P.1.1. para establecer en la columna derecha un flujo de 0.003 Wb . La permeabilidad relativa se supone que es constante en todos los puntos y de valor $\mu_r = 400$, y la sección $S = 10 \text{ cm}^2$ es la misma en toda la estructura, excepto en la columna izquierda, que vale 20 cm^2 . La longitud $l = 10 \text{ cm}$. Calcular también el flujo en el brazo central.



Los datos obtenidos del enunciado y de la figura P.1.1. se enlistan a continuación:

$$\Phi_d = 0.003$$

$$N = 104$$

$$\mu_r = 400$$

$$\mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6}$$

$$A_1 = 10 \text{ cm}^2$$

$$A_{c34} = 20 \text{ cm}^2$$

$$l = 10 \text{ cm}$$

Planteamos las ecuaciones de reluctancia

$$R_{31} = R_{42} = R_{15} = R_{62} = R_{23} = R_{56}$$

$$R_{31} = \frac{l \cdot 10^{-2}}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A_1 \cdot 10^{-4}} \quad R_{31} \rightarrow 198886.23707239459029$$

$$R_{34} = \frac{l \cdot 10^{-2}}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A_{c34} \cdot 10^{-4}} \quad R_{34} \rightarrow 99443.118536197295147$$

El problema dice que el valor del flujo magnético en la columna derecha del núcleo es de 10^{-3} , por lo tanto se puede conocer la en toda esa columna multiplicando el valor del flujo por la reluctancia equivalente de esa misma columna. De este modo se conoce la en la rama que se encuentra en paralelo y con ello, el valor del flujo magnético a través de ella. La suma de los flujos magnéticos en cada columna da como resultado el flujo magnético total que, coincide que el flujo magnético del brazo central y dicho valor se utiliza junto con la reluctancia equivalente total para calcular la corriente en la bobina. Por lo tanto se tiene lo siguiente.

$$F_{mm} = \Phi_d \cdot (R_{15} + R_{56} + R_{62})$$

Considerando el planteamiento original del problema

$$F_{mm} = 3 \cdot \Phi_d \cdot R_{31} \quad F_{mm} \rightarrow 596.65871121718377087$$

$$\Phi_i = \frac{F_{mm}}{R_{31} + R_{34} + R_{42}}$$

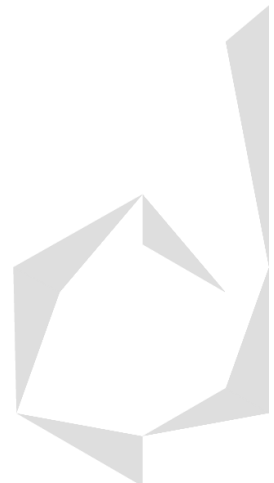
Considerando el planteamiento original del problema

$$\Phi_i = \frac{F_{mm}}{2 \cdot R_{31} + R_{34}} \quad \Phi_i \rightarrow 0.0012$$

$$\Phi_T = \Phi_d + \Phi_i \quad \Phi_T \rightarrow 0.0022$$

$$R_T = \frac{l \cdot 10^{-2}}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot 1.4 \cdot A_{c34} \cdot 10^{-4}} + \frac{2 \cdot l \cdot 10^{-2}}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A_1 \cdot 10^{-4}} \quad R_T \rightarrow 468803.27309921581998$$

$$I = \frac{\Phi_T \cdot R_T}{N} \quad I \rightarrow 9.9169923155603346534 \quad A$$



Ejercicio 2:

Calcular la corriente necesaria en la bobina de la Figura P.1.2 para producir una densidad de flujo en el entrehierro igual a 0,8 Teslas. El núcleo está hecho de un material cuya curva de imanación viene dada por:

$$B = \frac{1,6 H}{75 + H} \quad B: \text{Teslas}; \quad H: \text{A.v/m}$$

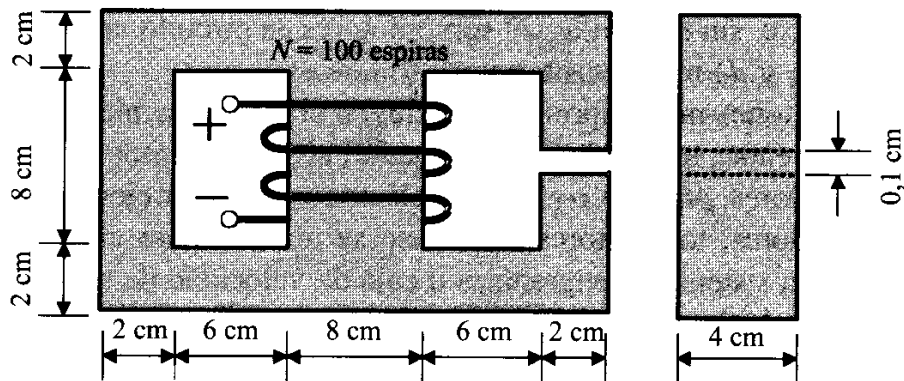
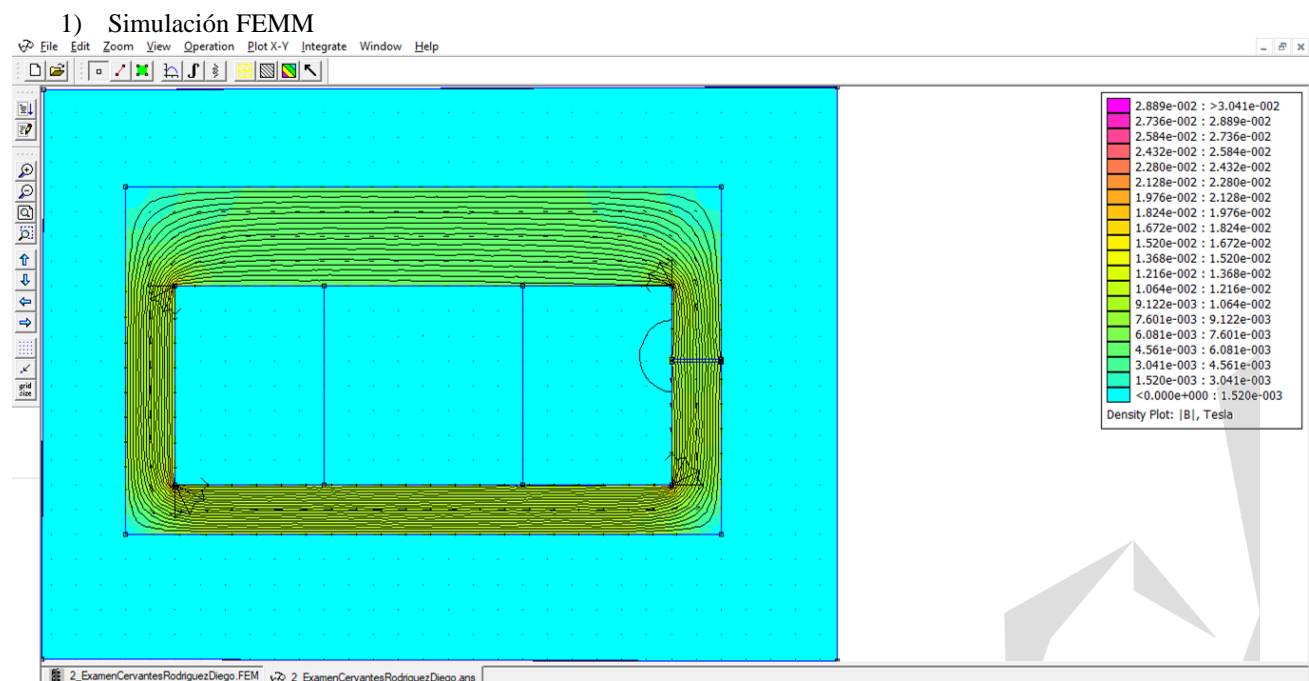


Figura P.1.2.

RESULTADOS Ejercicio 2:

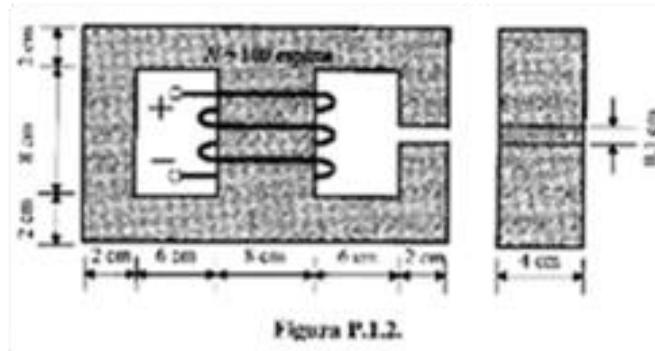


2) Resultado MathCad

Calcular la corriente necesaria de la bobina de la Figura P.1.2. para producir una densidad de flujo en el entrehierro igual a 0.8 Teslas. El núcleo está hecho de un material cuya curva de imanación viene dada por:

$$B: \frac{1.6 H}{75 + H}$$

B : Teslas; $H: \frac{A \cdot v}{m}$



Los datos proporcionados por el problema son los siguientes:

$$B_2 = 0.8 \text{ T}$$

$$\mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6}$$

$$N = 100$$

$$l_a = 0.1 \text{ cm}$$

La inductancia en el núcleo 2 será igual a la del entrehierro, ya que no se considera dispersión. Por tanto, el valor del campo magnético en dicho núcleo será tal que se verifique:

$$B_1 := \frac{1.6 \cdot H_2}{75 + H_2}$$

o sea:

$$H_2 = 75 \frac{A \cdot v}{m}$$

Asimismo, el valor del flujo en el citado núcleo será: $S_2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$\Phi_2 = B_2 \cdot S_2 \quad \Phi_2 \rightarrow 0.00064 \text{ Wb}$$

Aplicando la ley de Ampere se tendrá:

$$H_3 := \frac{H_2 \cdot l_2 + H_a \cdot l_a \cdot 10^{-2}}{l_3}$$

es decir:

$$H_a := \frac{B_2}{\mu_0} \quad l_2 = 0.279 \text{ m} \quad l_3 = 0.28 \text{ m}$$

$$H_3 = \frac{\mu_0 \cdot (H_2 \cdot l_2 + H_a \cdot l_a \cdot 10^{-2})}{l_3} \quad H_3 \rightarrow 2347.7177093987953176 \quad \frac{A \cdot v}{m}$$

La inducción en el núcleo 3 será, por lo tanto:

$$B_3 = \frac{1.6 \cdot H_3}{75 + H_3} \quad B_3 \rightarrow 1.5504688476356668228 \text{ T}$$

En dicho núcleo, el flujo magnético tendrá por valor: $S_3 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

$$\Phi_3 = B_3 \cdot S_3 \quad \Phi_3 \rightarrow 0.0012403750781085334582 \text{ Wb}$$

En consecuencia, el flujo en el núcleo 1 valdrá:

$$\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3 \quad \Phi_1 \rightarrow 0.0018803750781085334582 \text{ Wb}$$

Asimismo: $S_1 = 16 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

$$B_1 = \frac{\Phi_1}{S_1} \quad B_1 \rightarrow 1.175234423817833411375 \text{ T}$$

y

$$H_1 = \frac{75 \cdot B_1}{1.6 - B_1} \quad H_1 \rightarrow 207.5087689039479538994 \quad \frac{A \cdot v}{m}$$

Aplicando la ley de Ampere se tendrá: $l_1 = 0.001 \text{ m}$

$$I = \frac{H_1 \cdot l_1 + H_2 \cdot l_2 + H_a \cdot l_a \cdot 10^{-2}}{N} \quad I \rightarrow 6.575684674005666368939 \text{ A}$$

