



**Instituto Tecnológico Superior
De San Andrés Tuxtla**

Ingeniería en Mecatrónica

Maquinas eléctricas

Unidad 1-5

Reporte de Evidencias

Juan Merlín Chontal

511

Avendaño Gutiérrez José David

Díaz Méndez José Luis

Martínez Mendoza Ricardo Rafael

Pérez Villegas Pedro Aaron

12/Diciembre/2025

Periodo: Agosto 2025 – Diciembre 2025



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SAN ANDRÉS TUXTLA**

UNIDAD 1

Examen U1

EVALUACIÓN UNIDAD I MÁQUINAS ELÉCTRICAS NG MECATRONICA

CICLO ESCOLAR AGO DIC 2025 ALUMNO JOSÉ MARÍA GARCÍA MORALES GRUPO SI1-A

Instrucciones: Coloque dentro del paréntesis el número que relacione la ley o concepto para cada uno de los siguientes enunciados.

1. Devanado del transformador que se conecta a la fuente de alimentación, responsable de recibir la energía eléctrica en forma de voltaje alterno (6)
2. Valor calculado que representa, de manera simplificada, todas las pérdidas resistivas en los devanados del transformador (9)
- 3.- Producen pérdidas de energía en forma de calor, por lo que se minimizan usando chapas delgadas apiladas y aisladas. (10)
- 4.- Dispositivo eléctrico que aumenta o disminuye la tensión de una corriente eléctrica alterna (CA) mediante inducción electromagnética (7)
- 5.- Es la pérdida de energía que se produce cuando el material del núcleo magnético se magnetiza y desmagnetiza repetidamente debido a la corriente alterna (2)
- 6.- Fenómeno por el cual un campo magnético variable induce una corriente eléctrica en un conductor (5)
- 7.- Establece que el sentido de la corriente inducida es tal que el campo magnético que esta produce se opone al cambio en el flujo magnético que la generó originalmente (4)
- 8.- Dictamina que un campo magnético variable en el tiempo que atraviesa un circuito cerrado induce una tensión (o fuerza electromotriz) en dicho circuito (1)

1 Ley de Faraday 2 Histéresis Magnética 3. Secundario 4. Ley de Lenz 5. Inducción electromagnética

6 Primario 7 Transformador 8 Reluctancia 9 Resistencia equivalente 10 Corrientes parásitas

11 Motor 12 Permeabilidad magnética 13 Ley de Ohm

PROBLEMA 1 Un transformador monofásico de 1 MVA, 10000/1000 V y 60 Hz ha dado los siguientes resultados en unos ensayos:

Vacío (medidas en el lado de B.T.): 540 V , 30 A 10 kW

Cortocircuito (medidas en el lado de A.T.): 540 V , 90 A y 12 kW.

a) Encuentre las impedancias del circuito equivalente referido al lado primario y dibuje el circuito resultante.

b) Calcule la regulación de voltaje a plena carga con un factor de potencia de 0.8 en retraso,

Solución:

$$F_p = \frac{P_{cab}}{V_{cab} I_{cab}} = \frac{10000}{540 \cdot 30} = 0.617 \text{ en retraso}$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.617) = 81.88^\circ$$

$$I_{cab} = \frac{P_{cab}}{V_{cab}} = \frac{10000}{540} = 18.519 \text{ A}$$

$$6V = 1.461 \cos 0 = 0.0555 \cos(0.617) = 0.03125$$

$$1.461 \sin 0 = -0.0555 \cos(0.617) = -0.03125 \text{ s}$$

$$R_v = \frac{1}{6V} = 29.1659 \Omega \quad X_M = \frac{1}{1.461} = 22.8706 \Omega$$

Prima CAT

$$R_c = \frac{1}{6V} = 29.1659 \Omega \quad X'_M = \frac{1}{1.461} = 22.8706 \Omega$$

Lado 1

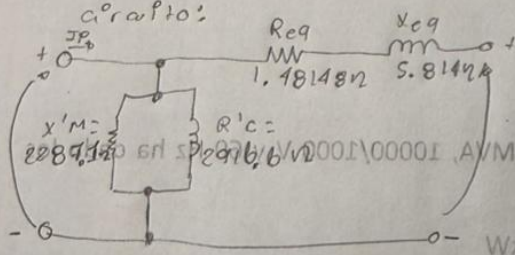
$$I_{2SE} = V_{cc} = 540 - 60V \quad P_{cc} = \frac{P_{cc}}{V_{cc}} = \frac{12000}{540} = 0.216 \text{ en retraso}$$

$$R_{eq} = 1.251 \cos 0 = 1.48 \Omega \quad \theta = \cos^{-1}(0.617) = 81.88^\circ$$

$$X_{eq} = 1.251 \sin 0 = 5.814 \Omega$$

Lado 2

$$R_{eq} = 1.48148 \Omega \quad X_{eq} = 5.814 \Omega \quad R'_c = 29.1659 \Omega \quad X'_M = 22.8706 \Omega$$



Correción (medias en el lado de A.T.): 240 V, 30 A y 12 kW.

Encuentre las impedancias del circuito equivalente referido al lado primario y dibuje el circuito resultante.

Calcule la regulación de voltaje a plena carga.

$$Reg = \frac{467.372}{10000} \times 100 = 4.67\%$$

Examen U1 - Evidencias de Pedro Aaron Pérez Villegas

Pérez Villegas Pedro Aaron / Ing. Merlin / Examen

Scribe

$S = 1 \text{ MVA}$ Transformador monofásico

Ensayo a vacío
 $1000/1000 \text{ V} \rightarrow$ relación de transformación $a = \frac{V_1}{V_2} = 10$

B.T = 1000V $V_{xc} = 540 \text{ V}$ $I_0 = 30 \text{ A}$ $P_0 = 10 \text{ kW}$

Cortocircuito.

A.T = 10000V $V_p = 540 \text{ V}$ $I_{sc} = 90 \text{ A}$ $P_{cc} = 12 \text{ kW}$

Inciso A)

$$\frac{I_0}{V} = \frac{30}{540} = 0.0555556 \text{ s} = Y_m$$

$$\frac{P_0}{V^2} = \frac{1000}{540^2} = 0.00342936 \text{ s} = G_0 \quad \text{Conductancia}$$

$$B_{pr} = \sqrt{Y_m^2 - G_0^2} = 0.0437078 \text{ s}$$

$$Z_{eq1} = \frac{V_{sc1}}{I_{sc1}} = \frac{540}{90} = 6.0 \Omega$$

$$R_{eq1} = \sqrt{Z_{eq1}^2 - X_{eq1}^2} = \sqrt{36 - 1.48148^2} = 5.91423 \Omega = X_{eq1}$$

$$R_{eq1} = \frac{P_{cc}}{I_{sc1}^2} = \frac{12000}{90^2} = 1.48148 \Omega$$

Trabajo b) / Cuestiones V1 / Pasa Villegas P20

b) 0.8 en atraso

$$\text{Regulación (\%)} = I_{2n} \frac{(R'_2 \cos \varphi + X'_2 \sin \varphi)}{V_{2n}} \times 100 \%$$

$$S_{\text{relativa}} = 1 \text{ MVA en B.T}$$

$$V_{2n} = 1000 \text{ V} \rightarrow \text{carácter nominal}$$

$$I_{2n} = S/V = 1,000,000 / 100 = 100 \text{ A}$$

reducidos a secundaria: dividimos $a^2 = 100$

$$R'_2 = \frac{R_{eq1}}{100} = 0.0448148 \Omega \quad X'_2 = \frac{X_{eq1}}{100} = 0.05814223 \Omega$$

$$Reg = 1000 \cdot (0.0448 \cdot 0.8 + 0.05814225 \cdot 0.6) / 100 \cdot 100\%$$

$$\hookrightarrow 4.6737\%$$

La regulación de voltaje a plena carga con $PF = 0.8$ en retraso es aproximadamente 4.67%

Exposición U1 – Tema: Circuito magnético



Investigación U1 – Tema: Circuito magnético

El circuito magnético es un modelo analógico que permite analizar el comportamiento de los campos magnéticos en dispositivos como transformadores, motores eléctricos, relés y núcleos ferromagnéticos, de manera similar a como se analizan los circuitos eléctricos con la ley de Ohm. Este concepto es fundamental en electrotecnismo e ingeniería eléctrica. La base teórica del circuito magnético parte de la ley de Ampère y la ley de Hopkinson. La fuerza magnetomotriz (FMM) es el equivalente a la fuerza electromotriz (fem) en un circuito eléctrico y se define como: $FMM = N \times I$ donde N es el número de espiras de la bobina e I es la corriente que circula por ella. La unidad de FMM es el ampere-vuelta (A-v). El flujo magnético total Φ (en webers, Wb) que atraviesa el circuito es análogo a la corriente eléctrica. La relación entre la FMM y el flujo magnético está dada por la reluctancia \mathfrak{R} del circuito magnético, que es el equivalente a la resistencia eléctrica: $\Phi = FMM / \mathfrak{R}$. La reluctancia \mathfrak{R} depende del material y las dimensiones del núcleo magnético según la expresión: $\mathfrak{R} = l / (\mu \times A)$ donde:

- l = longitud media del camino magnético (m)
- A = área de la sección transversal del núcleo (m^2)
- μ = permeabilidad magnética del material ($\mu = \mu_0 \times \mu_r$)
- μ_0 = permeabilidad del vacío ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)
- μ_r = permeabilidad relativa del material (muy alta en materiales ferromagnéticos como el hierro al silicio: 1000 a 5000)

En un circuito magnético real siempre existe una pequeña dispersión de flujo y entrehierro (incluso si es mínimo), lo que aumenta la reluctancia total. La ley de Hopkinson establece que, en un circuito magnético cerrado: $\sum FMM = \sum (\Phi \times \mathfrak{R})$. De forma similar a la segunda ley de Kirchhoff en circuitos eléctricos. Las principales aplicaciones del análisis de circuitos magnéticos son el diseño de transformadores, máquinas eléctricas y electroimanes, permitiendo calcular el flujo necesario, las pérdidas por histéresis y corrientes de Foucault, así como dimensionar correctamente el núcleo y las bobinas para evitar saturación magnética. En resumen, el circuito magnético es una herramienta poderosa que simplifica el cálculo y diseño de dispositivos electromagnéticos mediante analogías con los circuitos eléctricos, siendo indispensable en la ingeniería moderna.

Exposición – Tema: Análisis del transformador ideal



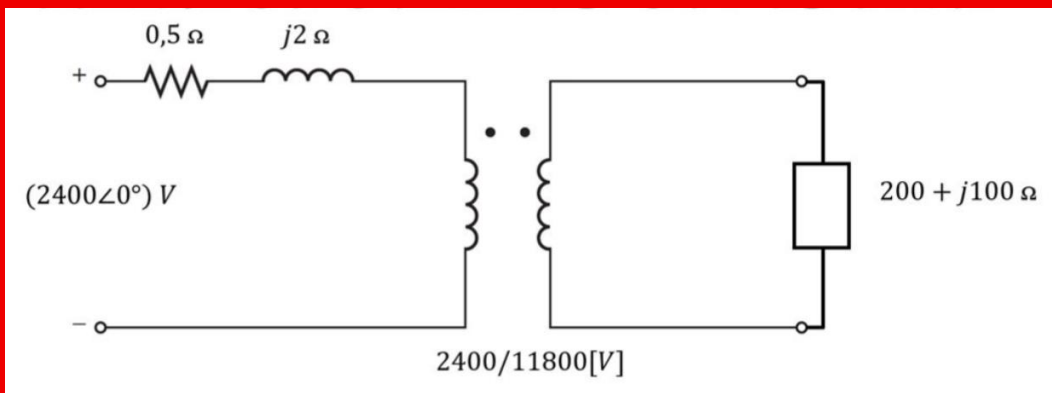
Investigación de exposición – Tema: Análisis del transformador ideal

El transformador ideal es un modelo teórico que simplifica el estudio de los transformadores reales, asumiendo condiciones perfectas: sin pérdidas (ni en cobre ni en hierro), permeabilidad magnética infinita del núcleo, flujo de dispersión nulo y bobinados sin resistencia.

Su principio de funcionamiento se basa en la inducción electromagnética mutua: una tensión alterna en el primario genera un flujo magnético variable que induce una tensión en el secundario. La relación de transformación "a" (N_1/N_2) determina las tensiones: $V_2 = a V_1$ y corrientes $I_2 = I_1 / a$, manteniendo la potencia constante ($P_1 = P_2$, eficiencia 100%).

Circuito equivalente simplificado del transformador ideal

En el diagrama fasorial, las tensiones primaria y secundaria están en fase (para carga resistiva), y las corrientes en oposición de fase, reflejando la conservación de energía.



En

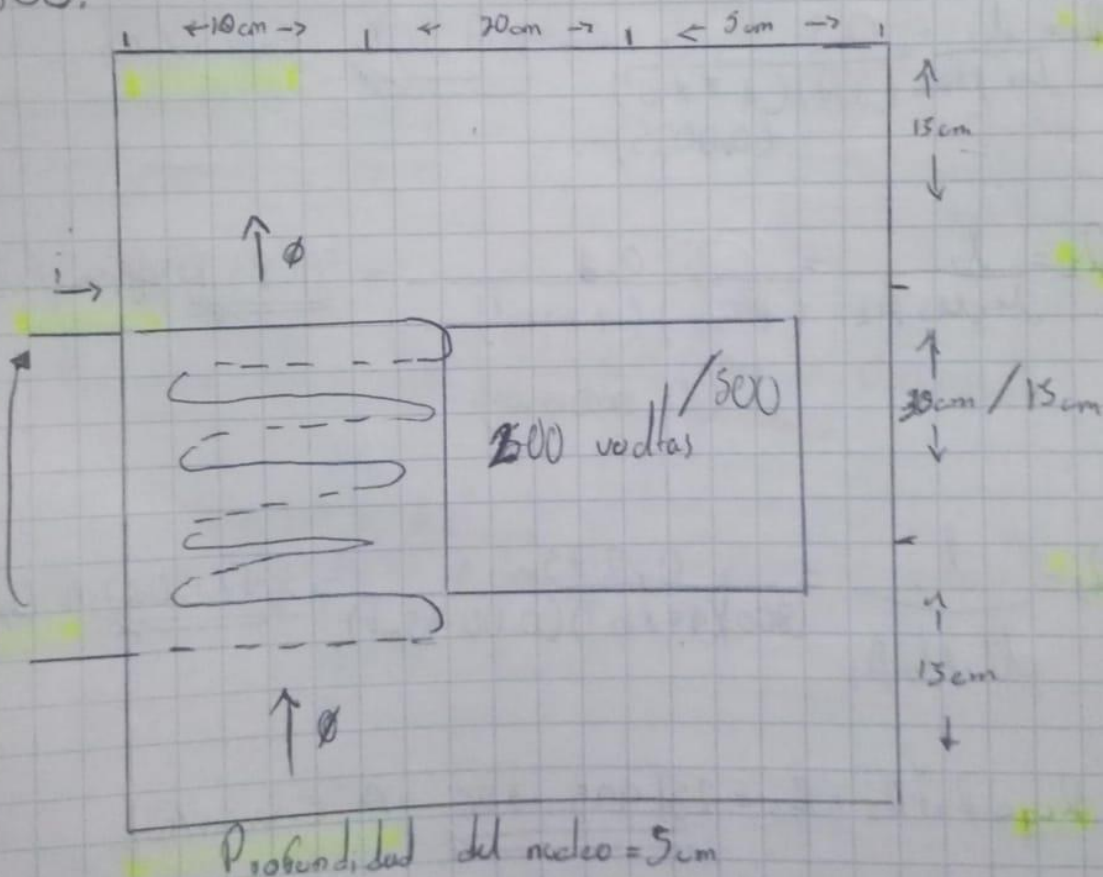
resumen, el transformador ideal es una herramienta fundamental en ingeniería eléctrica para el diseño y análisis teórico, destacando la transferencia perfecta de potencia entre circuitos aislados galvánicamente.

Ejercicios U1

Pérez Villegas Pedro Aragón U1 "Máquinas E." 28 Agosto 2025

En la figura P1-2 se muestra un núcleo magnético. La profundidad del núcleo es de 5 cm. Las demás dimensiones del núcleo se pueden ver en la figura. Encuentre el valor de la corriente producida por un flujo de 0.005 Wb. Con esta corriente, ¿Cuál es la densidad de flujo en la parte superior del núcleo? ¿Cuál es la densidad de flujo en la parte derecha del núcleo?

Suponga que la permeabilidad relativa del núcleo es de 800.



Peru Vilgas Pedro Marín / Ing. Mecánica / Maestría E. 28 Agosto 2025

► Cálculo de la reluctancia 1

Longitud media de la región es 30 cm \rightarrow 0.3m y el área transversal es de $5 \times 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}^2 \rightarrow 0.0025 \text{ m}^2$

$$R_1 = \frac{l_1}{\mu_r \mu_0 A_1} = \frac{l_1}{\mu_r \mu_0 A_1}$$

$$R_1 = \frac{l_1}{\mu_r \mu_0 A_1} = \frac{0.3}{(800)(4\pi \times 10^{-7})(0.0025)} = 119366 \text{ Espiras/Wb}$$

$$R_2 = \frac{l_2}{\mu_r \mu_0 A_2} = \frac{0.3}{(800)(4\pi \times 10^{-7})(0.003 \text{ m}^2)} = 59683.103 \text{ Espiras/Wb}$$

$$R_3 = \frac{l_3}{\mu_r \mu_0 A_3} = \frac{0.273 \text{ m}}{(800)(4\pi \times 10^{-7})(0.0075 \text{ m}^2)} = 36475.007 \text{ A-Espiras/Wb}$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 251995.326 \text{ A-Espiras/Wb}$$

Lado primario A.T

$$R_{eq1} = 1.48148 \, \Omega \quad X_{eq1} = 5.81423 \, \Omega$$

(Serie)

2) Puesta de Vacío, calculada en B.T y referida A.T

$$R_0 = \frac{V^2}{P_{ac}} = \frac{540^2}{10000} = 29.16 \, \Omega$$

$$B_0 = P_{ac} / V_{ac}^2 = 0.0342936 \, S$$

$$B_0 = \sqrt{Y_0^2 - G_0^2} = 0.0437078 \, S \Rightarrow X_{0,2} = \frac{1}{B_0} = 22.8792 \, \Omega$$

$$a^2 (a=10 \rightarrow a^2=100)$$

$$R_{0,1} = 100 \cdot R_{0,2} = 2916 \, \Omega \quad X_{0,1} = 100 \cdot X_{0,2} = 2287.921 \, \Omega$$

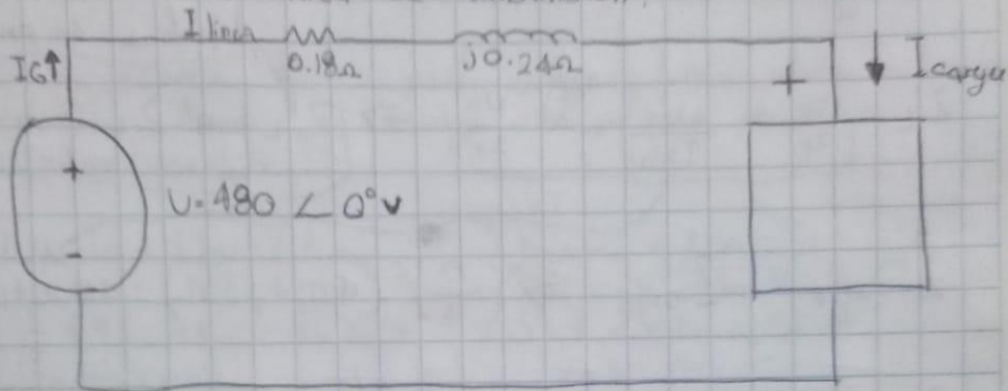
► Magnetización en A.T

$$R_{0,1} = 2916 \, \Omega \quad X_{0,1} = 2287.921 \, \Omega$$

En paralelo entre sí y ambos en paralelo con la entrada primaria

Un sistema de potencia monofásico consta de un generador 480V y 60 Hz que suministra potencia a una carga $Z_{carga} = 4 + j3 \Omega$ a través de una línea de transmisión de impedancia $Z_{línea} = 0.18 + j0.24 \Omega$.

q) ¿Cuál será el voltaje en la carga? ¿Cuáles serán pérdidas en la línea de transmisión?



$$Z_{eq} = Z_c + Z_l \quad \leftrightarrow \quad P = V I = I R I = I^2 R$$

$$I = \frac{V}{Z_l + Z_c} = \frac{480 \angle 0^\circ V}{(0.18 \Omega + j0.24 \Omega) + (4 \Omega + j3 \Omega)}$$

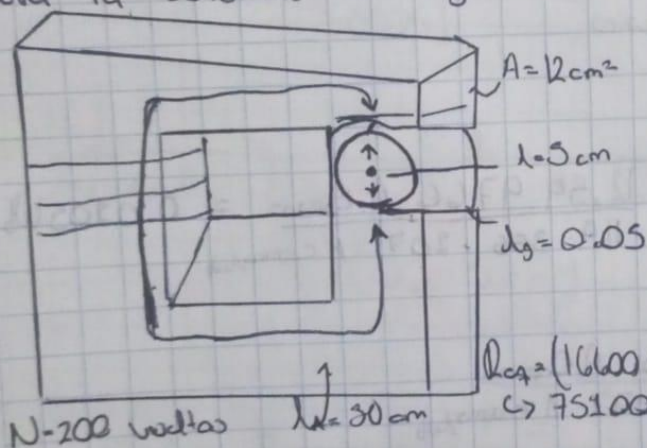
$$= \frac{480 \angle 0^\circ}{4.18 + j0.24} = \frac{480 \angle 0^\circ}{5.29 \angle 37.8^\circ} = 90.8 \angle -37.8^\circ A$$

El voltaje es:

$$V_{carga} = I_{línea} \cdot Z_{carga} = (90.8 \angle -37.8^\circ)(4 \Omega + j3 \Omega) = (90.8 \angle -37.8^\circ)(5 \angle 36.9^\circ) = 454 \angle -0.9^\circ V$$

Ejemplo 1-3 Pag. 33 PDF

La figura muestra un rotor y un estator sencillo de un motor de C.D. La longitud media del recorrido de flujo en el estator es de 50 cm, y el área de su sección transversal es de 12 cm^2 , la longitud media correspondiente del rotor es de 5 cm y el área de su sección transversal también es de 12 cm^2 . Cada entrehierro entre el rotor y el estator tiene un ancho de 0.05 cm y el área de su sección transversal (incluyendo el efecto marginal) es de 1 cm^2 . El entrehierro del núcleo tiene una permeabilidad relativa de 2000 y hay 200 vueltas alrededor del núcleo. Si la corriente en el alambre se ajusta a 1 A. ¿Cual será la densidad de flujo resultante del entrehierro?



$$F(N_i) \left\{ \begin{array}{l} R_c = \text{Reluctancia} \\ R_1 = \text{Del estator} \\ R_2 = \text{Del rotor} \\ R_{g1} = \text{Entrehierra 1} \\ R_{g2} = \text{Entrehierra 2} \end{array} \right.$$

$$R_{eq} = (16600 + 284000 + 16600 + 284000) \rightarrow 751000 \text{ A. Espiras/Wb}$$

$$D_s = \frac{0.5 \text{ m}}{(2000)(4\pi \times 10^{-7})(0.012 \text{ m}^2)} = 166000 \text{ A. Espiras/Wb}$$

$$D_r = \frac{0.05 \text{ m}}{(2000)(4\pi \times 10^{-7})(0.012 \text{ m}^2)} = 16600 \text{ A. Espiras/Wb}$$

$$D_a = \frac{0.005 \text{ m}}{(1)(4\pi \times 10^{-7})(0.001 \text{ m}^2)} = 284000 \text{ A. Espiras/Wb}$$

$$\text{Entrehierra } B = \frac{\Phi}{A} = \frac{0.00026 \text{ Wb}}{0.001 \text{ m}^2} = 0.26 \text{ T}$$

$$F = N_i = (200 \text{ espiras} \times 1 \text{ A}) = 200 \text{ A. Espiras}$$

$$\Phi = \frac{F}{R} = \frac{200}{751} = 0.00026 \text{ Wb}$$

$$\rightarrow 0.00026 \text{ Wb}$$

F 0272a Magnetomotriz

$$F = N_i = (0.005 \text{ wb}) (251995.326 \text{ A. Espiras/wb})$$

$$\rightarrow 1259.9766$$

• Flujo Total:

$$\Phi = \frac{F}{R} = \frac{1259.9766 \text{ A. Espiras}}{500 \text{ vueltas}}$$

$$\rightarrow \underline{\underline{2.5199 \text{ Amperios}}}$$

• Flujo

$$f \text{ } \Phi R \quad \Phi_1 = \frac{F}{R_1} = \frac{12.59.9766 \text{ A. Espiras}}{119 \ 366.207 \text{ A. Espiras/wb}} = 0.0405 \text{ wb}$$

$$\Phi_3 = \frac{F}{R_3} = \frac{12.59.9766 \text{ A. Espiras}}{36 \ 473.0077 \text{ A. Espiras/wb}}$$