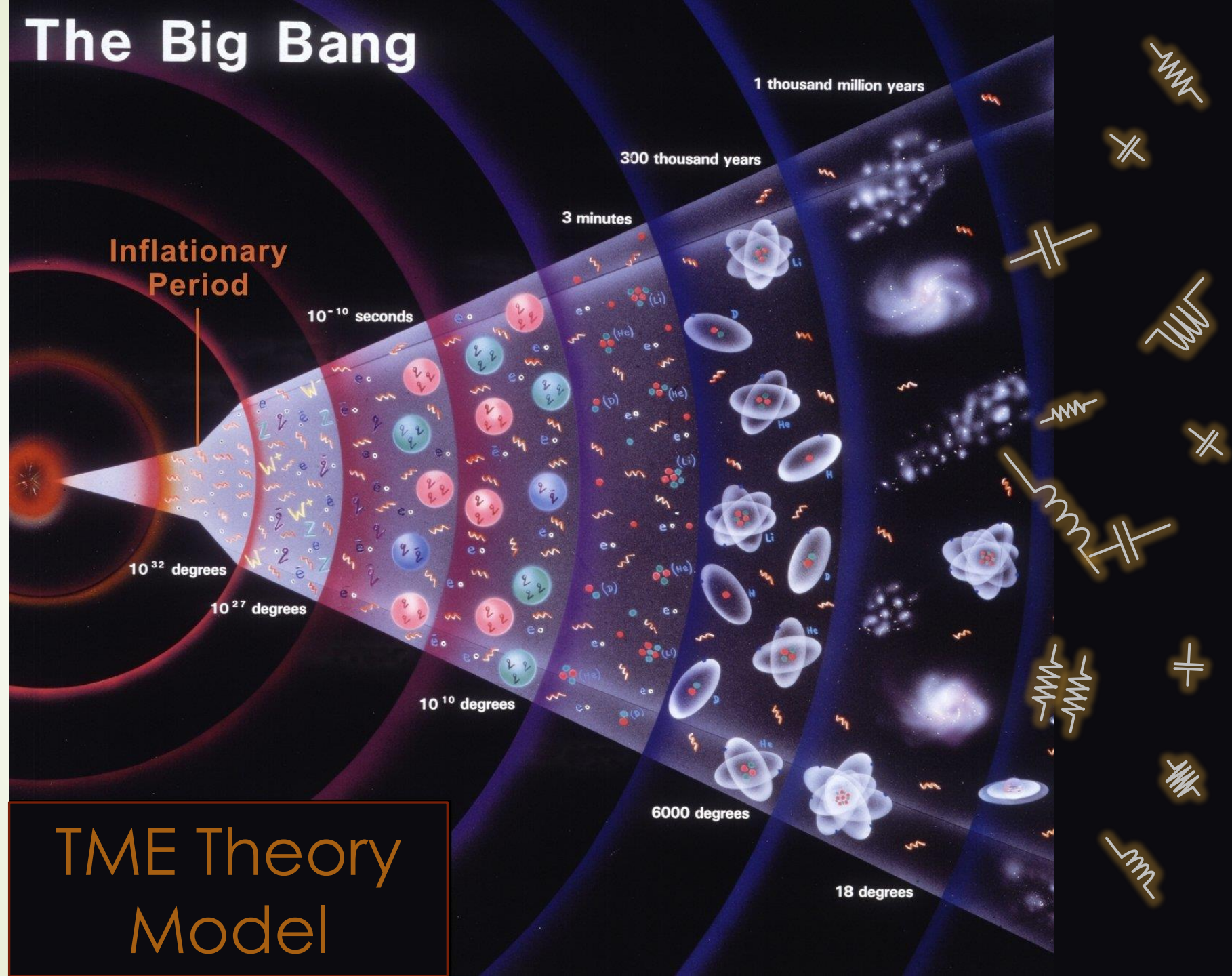


22.53

Tecnología de Materiales Electrónicos

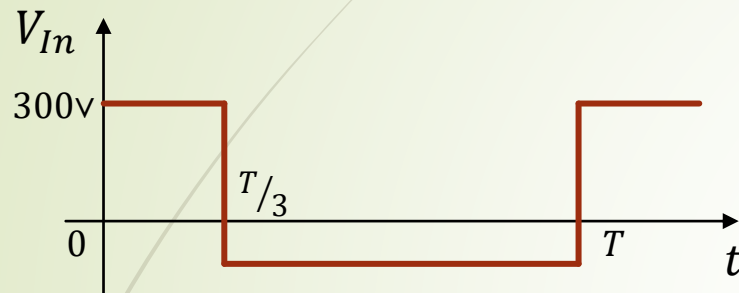
Transformadores

Miguel Aguirre
Revisión 2 – Ago/2020



Inductores: ejemplo de diseño

Sobre un núcleo E 30/15/7 de material N27 fabricar un inductor con $L=20\text{mH}$ y que pueda trabajar en las siguientes condiciones sin saturarse: $V_{in}=300\text{V}$, $D=0.3$, $F=100\text{KHz}$



1- Calcular el número mínimo de espiras para que el inductor no sature:

$$B_{Max} = \frac{1}{2} \frac{\int_0^{T/3} 300v dt}{N_{min} A_{min}} = 200\text{mT}$$

$$N_{min} = \frac{1}{2} \frac{\int_0^{T/3} 300v dt}{200\text{mT} A_{min}} = \frac{\frac{1}{2} 300v T/3}{0.2T 49 \cdot 10^{-6}\text{m}} = 46$$

2- Calcular el número de espiras necesario para la inductancia requerida:

$$L = \frac{N^2}{R} = A_L N^2 \quad N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = \sqrt{\frac{20\text{mH}}{1700\text{nH}}} = 109$$

Magnetic characteristics (per set)

$$\Sigma l/A = 1.12 \text{ mm}^{-1}$$

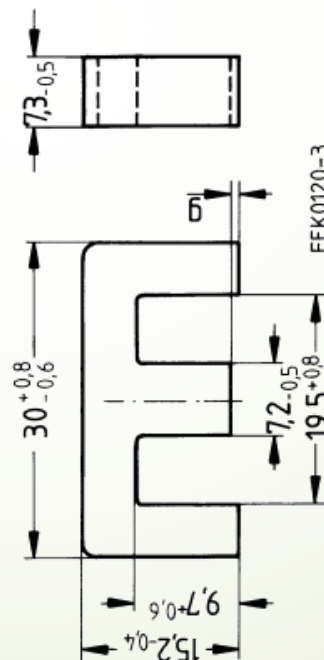
$$l_e = 67 \text{ mm}$$

$$A_e = 60 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 49 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 4000 \text{ mm}^3$$

Approx. weight 22 g/set



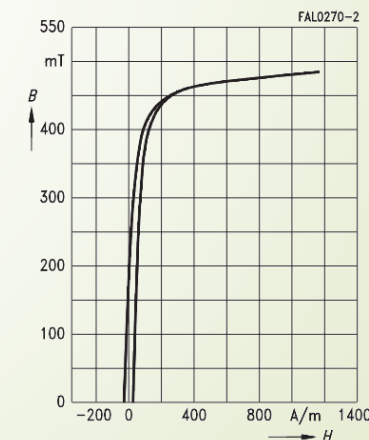
Ungapped

Material	A_L value nH	μ_e	P_V W/set
N30	3100 +30/-20%	2760	
N27	1700 +30/-20%	1510	< 0.81 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N87	1900 +30/-20%	1690	< 2.20 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)

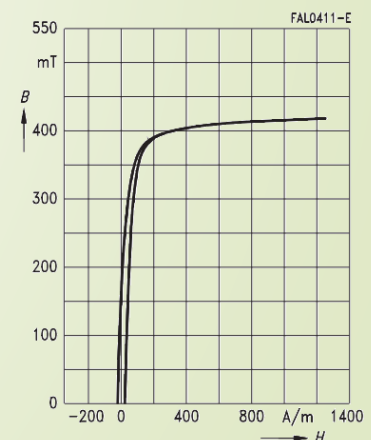
Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27,	0.10 ± 0.02	460	410
N87	0.18 ± 0.02	300	265
	0.34 ± 0.02	195	175

Dynamic magnetization curves
(typical values)
(f = 10 kHz, T = 25 °C)



Dynamic magnetization curves
(typical values)
(f = 10 kHz, T = 100 °C)



Inductores: ejemplo de diseño

3- Por error la persona de compras consigue el núcleo con Gap de 0.1mm, calcule el valor de la inductancia resultante:

$$L = A_L N^2 = 460nH * 109^2 = 5.5mH$$

4- Calcule el Bmax con N=109 y núcleo con Gap

$$B_{Max} = \frac{1}{2} \frac{\int_0^{T/3} 300v dt}{N_{min} A_{min}} = 84mT$$

5- Aprovechando la situación se decide hacer circular por el inductor una corriente continua I_{DC} :

$$B_{Max} = \frac{1}{2} \frac{\int_{t_1}^{t_2} V_{(t)} dt}{NA} + \frac{N I_{DC} A_L}{A_{min}}$$

$$I_{DC} \leq (200 - 84)mT \left(\frac{A_{min}}{N A_L} \right) = 110mA$$

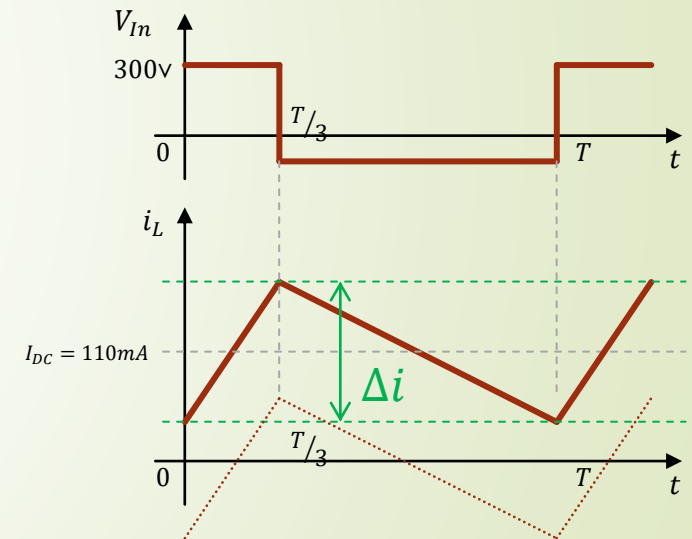
\uparrow
 460nH

Ungapped

Material	A_L value nH	μ_e	P_V W/set
N30	3100 +30/-20%	2760	
N27	1700 +30/-20%	1510	< 0.81 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N87	1900 +30/-20%	1690	< 2.20 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)

Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27,	0.10 ±0.02	460	410
N87	0.18 ±0.02	300	265
	0.34 ±0.02	195	175



$$V_L = L \frac{di}{dt} \rightarrow \Delta i = \frac{V}{L} \Delta T = \frac{300v}{5.5mH} T/3 = 165mA$$

Inductores: ejemplo de diseño

6- La máxima sección de cable que puede entrar, considerando un factor de ventana $K_W = 0.55$:

$$S_{Cu} = \frac{A_W K_W}{N} = \frac{90\text{mm}^2 * 0.55}{109} = 0.45\text{mm}^2$$

7- El valor normalizado más cercano es 0,5mm², por lo que el factor de ventana resultante es:

$$K_W = \frac{S_{Cu} N}{A_W} = \frac{0.5\text{mm}^2 * 109}{90\text{mm}^2} = 0.61 \text{ ¡Jugado!}$$

8- La resistencia del bobinado será:

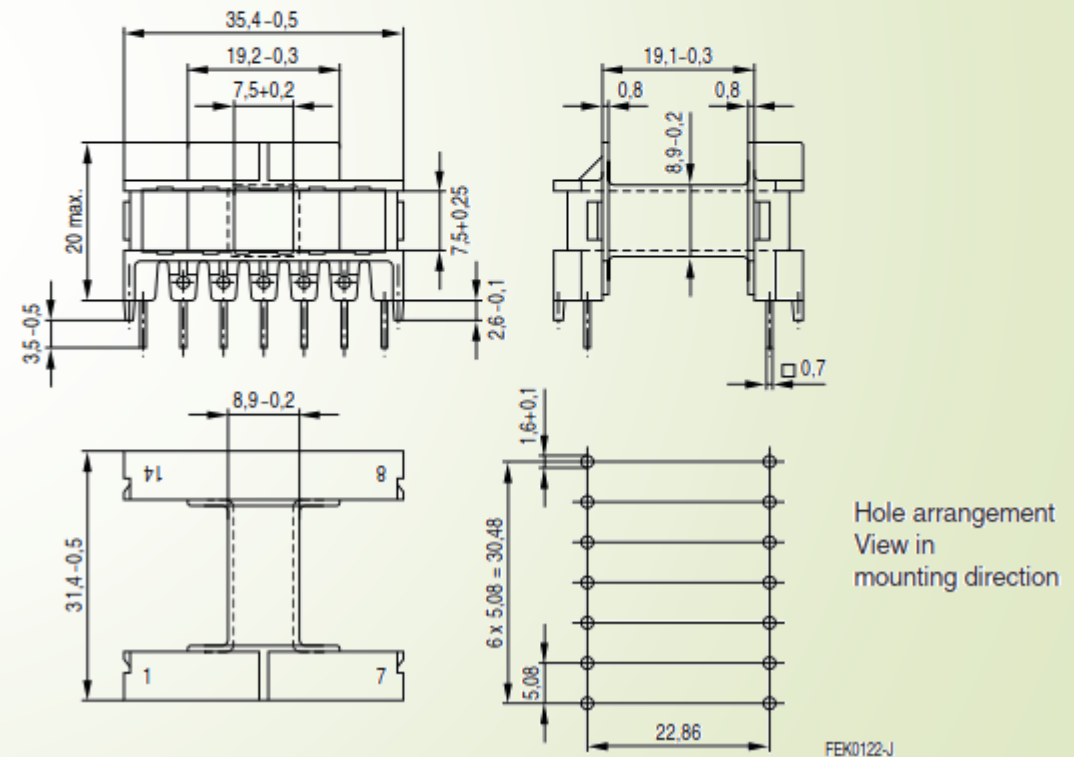
$$R_{Cu} = A_R N^2 = 21 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot 109^2 = 0.25 \Omega$$

9- **T.H.:** calcular la densidad de corriente (J A/mm²) con el que trabaja el cable.

Yoke Material: Stainless spring steel (0.4 mm)

Coil former						Ordering code
Version	Sections	A_N mm ²	l_N mm	A_R value $\mu\Omega$	Pins	
Horizontal	1	90	56	21	14	B66232B1114T001
Vertical	1	90	56	21	12	B66232J1112T001
Yoke (ordering code per piece, 2 are required)						B66232A2010X000

Horizontal version



Transformadores: ejemplo de diseño

Sobre un núcleo E 30/15/7 de material N27 fabricar un transformador que pueda trabajar en las siguientes condiciones sin saturarse: $V_{in}=300V$, $D=0.3$, $F=100KHz$, $V_o=18V$

Transformadores: ejemplo de diseño en 50Hz

Datos:

$$V_p = 220V_{rms}$$

$$V_s = 12V_{rms}$$

$$F = 50Hz$$

$$A_w = 600mm^2 \text{ (ventana)}$$

$$A_{min} = 800mm^2 \text{ (núcleo)}$$

$$B_{max} = 1.2T$$

$$\mu = 10000$$

$$L_e = 140 \text{ mm}$$

$$L_{m_{espira}} = 140 \text{ mm}$$

$$B_{Max} = \frac{1}{2} \frac{\int_0^{t/2} V_{(t)} dt}{NA} = \frac{V_{RMS}}{4.44fNA_{min}} \quad \text{Sólo si la entrada es senoidal}$$

$$N_{1min} > \frac{V_{RMS}}{4.44fB_{max}A_{min}} = \frac{220v}{4.44 * 50Hz * 1.2T * 800 \cdot 10^{-6} m^2}$$

$$N_{1min} > 1032.3 \text{ espiras}$$

$$N_2 = N_1 \frac{V_s}{V_p} = 1033 \frac{12v}{220v} = 57 \text{ espiras}$$

$$\begin{aligned} A_w &= 600mm^2, Kw = 0,3 \\ A_{w1} = A_{w2} &= A_w/2 = 300mm^2 \\ N_1 &= 1033, N_2 = 57 \end{aligned}$$

$$A_{cu1} = 300mm^2 * 0.3 * 0.52 = 46.8mm^2$$

$$A_{cu2} = 300mm^2 * 0.3 * 0.48 = 43.2mm^2$$

$$S_{cu1} = 46.8mm^2 / 1033 = 0.045mm^2$$

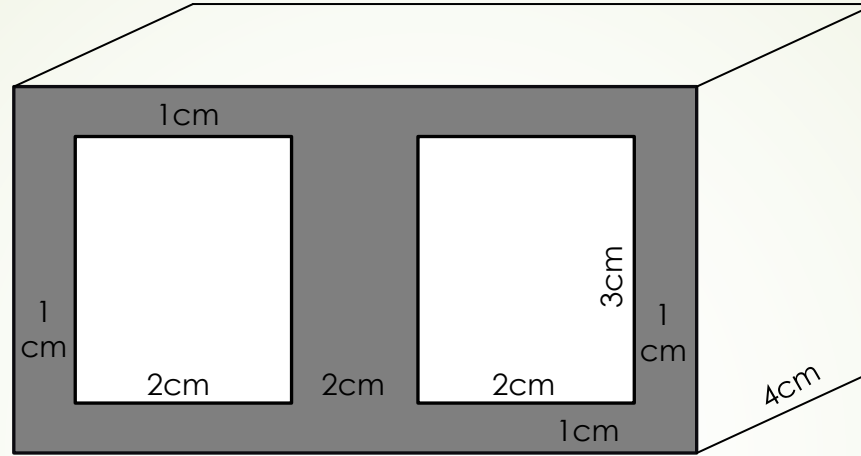
$$S_{cu2} = 43.2mm^2 / 57 = 0.76mm^2$$

$$I_1 = 0.045mm^2 * 4 \frac{A}{mm^2} = 0.18 A$$

$$I_2 = 0.76mm^2 * 4 \frac{A}{mm^2} = 3.1 A$$

$$\text{Potencia de salida: } 12 V_{rms} * 3.1 A = 37.2 W$$

Transformadores: ejemplo de diseño en 50Hz



Transformadores: ejemplo de diseño en 50Hz

$$R = \frac{l}{\mu A} = \frac{0.14m}{4\pi 10^{-3} 8 \cdot 10^{-4} m^2} = 13926 \frac{1}{H}$$

$$i_{mag} = \frac{V_{rms}}{X_L} = \frac{220 V}{2\pi FL} = \frac{220V}{2\pi 50Hz 76H} = 9mA$$

$$L_m = \frac{N_1^2}{R} = \frac{1033^2}{13926} = 76H$$

$$I_1 = 0.18 A \gg 9mA$$

La corriente de magnetización será despreciable en i_1

Para calcular la resistencia de los bobinados tomamos la longitud de una espira promedio y la multiplicamos por el número de espiras, considerando: $\rho = 1.71 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$

$$R_{cu1} = \rho \frac{N_1 \cdot 140mm}{0.045mm^2} = 1.71 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \frac{1033 \cdot 0.14m}{4.5 \cdot 10^{-8} m^2}$$

$$R_{cu2} = \rho \frac{N_2 \cdot 140mm}{0.76mm^2} = 1.71 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \frac{57 \cdot 0.14m}{7.6 \cdot 10^{-7} m^2}$$

$$R_{cu1} = 55 \Omega$$

$$R_{cu2} = 0.18 \Omega$$

Las pérdidas en el cobre valen:

$$P_{cu1} = 55 \Omega (0.18A)^2 = 1.78 W$$

$$P_{cu2} = 0.18 \Omega (3.1A)^2 = 1.73 W$$

El núcleo mide 8x4x5cm, descontando el área de las ventanas el volumen es: $8 \times 5 \times 4 - 2(2 \times 3 \times 4) = 112 \cdot 10^{-6} m^3$

La densidad del hierro es: $7650 \frac{Kg}{m^3}$

Las pérdidas en hierro laminado son aprox.: $2 \frac{W}{Kg}$

Las pérdidas en el hierro son: $112 \cdot 10^{-6} m^3 7650 \frac{Kg}{m^3} 2 \frac{W}{Kg} = 1.7 W$

$$\eta = \frac{37.2 W}{37.2 W + (1.78 + 1.73 + 1.7) W} = 87\%$$