

Anexo A

BLOQUE MAGNÉTICO DEL PERMEÁMETRO

A.1. Principios teóricos

Veamos ahora cuál es la relación entre el voltaje de salida de esta etapa y la inducción magnética de la chapa de acero colocada en el entrehierro. Para ello haremos uso del circuito equivalente de la Fig. A.1.

En primer lugar calcularemos el flujo Φ_s inducido en el secundario, de autoinducción L_{s0} , resistencia R_s , número de espiras N_s y sección A_s , cuando se excita el primario, de autoinducción L_{p0} , resistencia R_p , número de espiras N_p y sección A_p , con una fuente de tensión $V_f(t)$, sinusoidal, de frecuencia angular ω . Para ello haremos uso de las expresiones siguientes:

$$\phi_s = I_p M_{ps} \quad (\text{A.1})$$

$$I_p = \frac{V_f}{R_p + j\omega L_p(\mu)} \quad (\text{A.2})$$

$$M_{ps} = k_{ps} \sqrt{L_p(\mu) L_s(\mu)} \quad (\text{A.3})$$

$$L_p(\mu) \cong L_p^0 \left(1 + \mu \frac{A}{A_p} \right); L_s(\mu) \cong L_s^0 \left(1 + \mu \frac{A}{A_s} \right) \quad (\text{A.4})$$

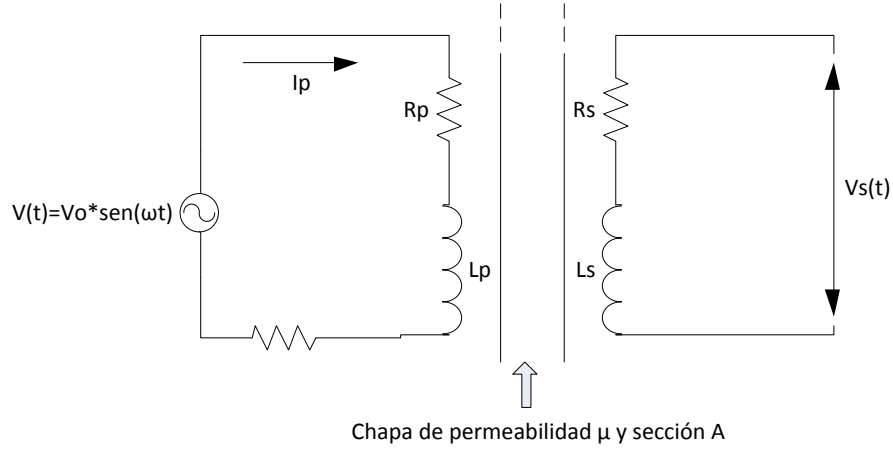


Fig. A.1: Circuito equivalente del bobinado del PERMAC.

donde, I_p es la intensidad en el primario y M_{ps} es la inducción mutua primario-secundario en presencia de la chapa de permeabilidad relativa μ y sección A . En las expresiones de las autoinducciones del primario o secundario en presencia de la chapa de permeabilidad μ , $L_p(\mu)$ y $L_s(\mu)$, se ha considerado que $\mu \gg 1$ (de hecho $\mu > 100$ en todo el rango de medida). La permeabilidad relativa depende del campo aplicado H , y, por tanto, depende de I_p . Por otro lado, si el circuito cumple la condición

$$R_p \ll |j\omega L_p(\mu)| \quad (\text{A.5})$$

entonces, el conjunto de expresiones dado en (A.6) conduce a

$$\Phi_s(t) \approx -j \frac{1}{\omega} k_{ps} \sqrt{\frac{L_s}{L_p}} V_f(t) \quad (\text{A.6})$$

y, por tanto, si el circuito se alimenta con una tensión sinusoidal $V_f(t) = V_{f,0} \cdot \sin(\omega t)$ será sinusoidal, y el voltaje inducido en el secundario, $V_s(t)$, también será sinusoidal, ya que, como se muestra en (A.12), es independiente de μ :

$$V_s(t) = -\frac{d\Phi_s}{dt} = j \frac{1}{\omega} \frac{N_s}{N_p} \frac{dV_f(t)}{dt} = j \frac{N_s}{N_p} V_{f,0} \cos(\omega t) \quad (\text{A.7})$$

En esencia esto no es más que la relación de transformación de un transformador ideal. Por tanto, para calcular la inducción magnética B de la muestra a una frecuencia igual o superior a 50 Hz podemos utilizar las siguientes expresiones:

$$V_s = -N_s \frac{d\Phi_{ls}}{dt} = -N_s A \frac{dB}{dt} \quad (A.8)$$

$$B(t) = \frac{-1}{N_s A} \int_0^t V_s dt = \frac{-1}{N_s A \omega} \cos(\omega t) = B_{a\phi} \cos(\omega t) \quad (A.9)$$

donde $\Phi_{ls} = \Phi_s / N_s$ es el flujo captado por una sola espira del secundario, y A es la sección del secundario, que, de momento, suponemos coincide con la sección de la chapa (en la práctica en el programa de medida consideramos también el efecto de que la chapa ocupa tan solo una fracción de la sección del secundario, mediante la corrección del vacío).

V_a es la amplitud de la tensión sinusoidal V_s , y B_a la amplitud de la inducción magnética. Por tanto, podemos expresar B_a en función de la amplitud V_a o en función del valor medio del voltaje rectificado $V_s \left(|\overline{V_s}| = 2V_a / \pi \right)$ como sigue

$$B_a = -\frac{1}{N_s A \omega} V_a = -\frac{1}{\nu N_s A} \frac{|\overline{V_s}|}{4} \quad (A.10)$$

Es decir, simplemente rectificando el voltaje del secundario y midiendo su valor medio, podríamos obtener B_a .

Sin embargo, a frecuencias inferiores a 50 Hz, o para valores de μ menores que 100 la aproximación de señales sinusoidales no es válida y, para determinar la inducción magnética, es necesario realizar la integral de V_s . Si la constante de tiempo del integrador es $1/RC$ y éste va seguido de una etapa amplificadora y un filtro con ganancia total G , tenemos que el valor de cresta⁽¹⁾ de $B(t)$, B vendrá dado por el valor de cresta V_i de la salida de la etapa integradora, $V_i(t)$, a través de la siguiente expresión:

$$B = \frac{1}{N_s A} \frac{RC}{G} V_i \quad (A.11)$$

Donde

$$V_i(t) = -\frac{G}{RC} \int V_s(t) dt \quad (A.12)$$

es la señal de salida de la etapa integradora, incluido amplificador y filtro.

A.2. Propiedades físicas de la bobina generadora de campo

Características generales:

- Soporte central: Placa de teflón de 5mm.
- Tipo de conductor: Hilo de cobre esmaltado de 1 mm de Ø
- N° de espiras: 390, (distribuidas en tres capas completas de 130).
- Recubrimiento: Resina epoxi (Araldit)
- Resistencia eléctrica: $1,6 \Omega$
- Inductancia en vacío: 2,23 mH
- Conector: Tipo “nana” de 3 pines, Pines 1 y 2 conexiones bobina. Pin 3, libre

Dimensiones:

- Largo: 146 mm
- Ancho: 74 mm
- Alto: 36 mm
- Ancho interior bobina: 62 mm
- Ancho interior disponible: 60 mm
- Alto interior bobina: 26 mm
- Alto interior disponible: 20 mm
- Área interior bobina: 1612 mm²

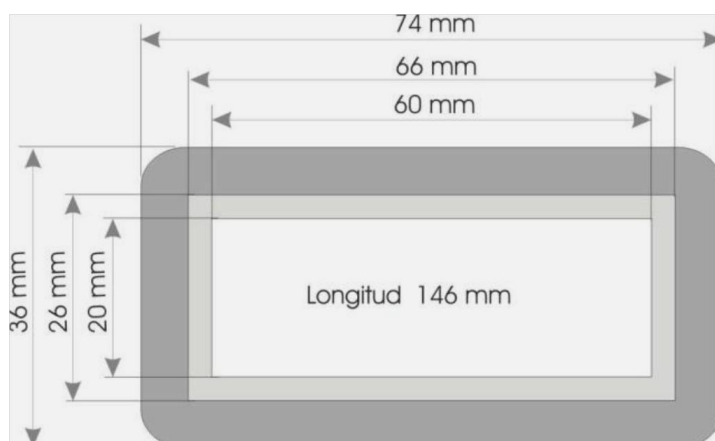


Fig. A.2: Dibujo acotado de la bobina generadora de campo.

A.3. Propiedades físicas de la bobina captora

Características generales:

- Soporte central: Placa de metacrilato de 1mm.
- Tipo de conductor: Hilo de cobre esmaltado de 0,25 mm de Ø
- N° de espiras: 620 (distribuidas en dos capas completas de 310).
- Recubrimiento: Cinta adhesiva de “Capton”
- Resistencia eléctrica: 27,6 Ω
- Inductancia en vacío: 2,19 mH
- Sensor Hall: Linear Hall Effect Sensor “Allegro A1321”
- Conector: Tipo “nana” de 6 pines,
- Pines 1, 2 y 3 Bobina secundaria.
 - Pin 1 y 2: Conexiones bobina
 - Pin 3: Blindaje.
- Pines 4, 5 y 6 Sensor de campo hall.
 - Pin 4: 5 V
 - Pin 5: Señal de salida
 - Pin 6: 0 V
- Extremos de la bobina fabricados con bloques de “Araldit-rápido”
- Soporte de circuito impreso para conexiones internas y sensor de campo.

Dimensiones:

- Largo: 144 mm
- Ancho: 59,5 mm
- Alto: 20 mm
- Ancho interior disponible: 46 mm
- Alto interior disponible: 6 mm
- Ancho interior bobina: 49 mm
- Alto interior bobina: 8 mm
- Área interior bobina: 392 mm²

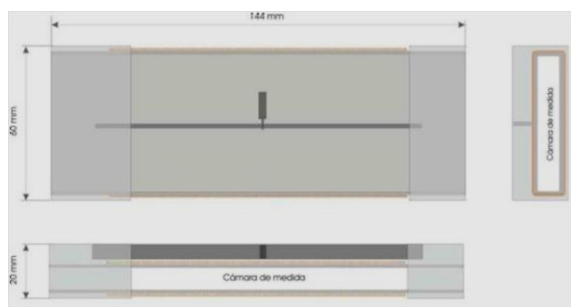


Fig. A.3: Dibujo acotado de la bobina captora y la posición del sensor.

Anexo B

RESULTADOS. TABLAS DE DATOS

B.1. Tabla de datos

A lo largo de este anexo quedan reflejados todos los datos que aporta el permeámetro y las soluciones generadas mediante F.E.M.

Tabla B.1
Datos y resultados de la muestra FX

%H[A/m]	Perm re	B(Tesla)	Iprimario(A)	Perm im	Hrms(A/m)	H/Hrms	Brms(Tesla)	B/Brms	ucarga	Delta_R	Lequ	Delta_R COMPLEJA	Leq COMPLEJA
8956.404387	153.771734	1.730693	3.709662	14.913397	6333.134277	1.414214	1.223785	1.414214	1.0e+003*(0.1538 - 0.0149i),	2.9653757	3.0578685E-5	3,4255762	3,0181003E-5
7771.634391	174.783056	1.706953	3.207781	18.836623	5495.375379	1.414214	1.206998	1.414214	1.0e+003*(0.1748 - 0.0188i),	3.089042	3.168069E-5	3,565371	3,123837E-5
6966.469166	192.903642	1.688741	2.869911	22.482375	4926.037588	1.414214	1.194120	1.414214	1.0e+003*(0.1929 - 0.0225i),	3.1852164	3.2565873E-5		
6173.724680	215.000615	1.668003	2.556510	27.442036	4365.482586	1.414214	1.179456	1.414214	1.0e+003*(0.2150 - 0.0274i),	3.2917774	3.3577853E-5	3,990823	3,2087453E-5
5476.852975	239.304823	1.646995	2.248798	33.305066	3872.719878	1.414214	1.164602	1.414214	1.0e+003*(0.2393 - 0.0333i),	3.3973434	3.4615932E-5		
4925.207071	263.072699	1.628209	2.020096	39.650650	3482.647319	1.414214	1.151318	1.414214	1.0e+003*(0.2631 - 0.0397i),	3.4908135	3.5567893E-5		
4367.706307	292.670760	1.606359	1.788601	48.177899	3088.434748	1.414214	1.135867	1.414214	1.0e+003*(0.2927 - 0.0482i),	3.5955455	3.6675563E-5	4,291035	3,305918E-5
3871.485958	325.449308	1.583328	1.603859	58.545740	2737.553974	1.414214	1.119582	1.414214	1.0e+003*(0.3254 - 0.0585i),	3.6988208	3.781544E-5		
3474.126372	357.726311	1.561731	1.462731	69.749587	2456.578316	1.414214	1.104311	1.414214	1.0e+003*(0.3577 - 0.0697i),	3.7901602	3.8867736E-5	4,788875	3,6043257E-5
3064.124066	398.540746	1.534578	1.269914	85.280707	2166.662905	1.414214	1.085110	1.414214	1.0e+003*(0.3985 - 0.0853i),	3.8929734	4.010779E-5		
2724.351023	440.204074	1.507048	1.103416	102.974938	1926.407083	1.414214	1.065644	1.414214	1.0e+003*(0.4402 - 0.1030i),	3.9860415	4.1287112E-5		
2439.345214	482.575758	1.479274	0.984592	122.782971	1724.877543	1.414214	1.046005	1.414214	1.0e+003*(0.4826 - 0.1228i),	4.0703497	4.2407835E-5	5,1326957	3,817337E-5
2164.827030	531.752074	1.446579	0.869665	147.785500	1530.763873	1.414214	1.022886	1.414214	1.0e+003*(0.5318 - 0.1478i),	4.157301	4.3622706E-5		
1936.804724	580.713878	1.413377	0.773880	175.618685	1369.527754	1.414214	0.999408	1.414214	1.0e+003*(0.5807 - 0.1756i),	4.233999	4.4751025E-5		
1718.386265	636.396769	1.374227	0.682024	210.200894	1215.082581	1.414214	0.971726	1.414214	1.0e+003*(0.6364 - 0.2102i),	4.311443	4.5952813E-5		
1512.546516	698.809920	1.328243	0.594636	253.324786	1069.531898	1.414214	0.939210	1.414214	1.0e+003*(0.6988 - 0.2533i),	4.387651	4.7207563E-5	5,51368	4,404374E-5
1354.240543	754.622455	1.284208	0.527041	295.316279	957.592671	1.414214	0.908072	1.414214	1.0e+003*(0.7546 - 0.2953i),	4.447809	4.8258127E-5		
1208.440007	813.465793	1.235305	0.464885	343.490940	854.496123	1.414214	0.873493	1.414214	1.0e+003*(0.8135 - 0.3435i),	4.5043287	4.9302795E-5		
1078.057191	872.278855	1.181699	0.436424	395.436841	762.301551	1.414214	0.835588	1.414214	1.0e+003*(0.8723 - 0.3954i),	4.554576	5.0287268E-5	6,022008	4,6631645E-5
963.615636	928.368325	1.124175	0.358434	450.818090	681.379151	1.414214	0.794912	1.414214	1.0e+003*(0.9284 - 0.4508i),	4.5975137	5.117791E-5		
901.882189	960.362330	1.088416	0.360448	484.232075	637.727012	1.414214	0.769626	1.414214	1.0e+003*(0.9604 - 0.4842i),	4.6200542	5.1666517E-5		
845.887839	989.382006	1.051687	0.335852	517.159501	598.133027	1.414214	0.743655	1.414214	1.0e+003*(0.9894 - 0.5172i),	4.63936	5.2097937E-5	6,3581285	5,0090937E-5
794.304657	1016.440666	1.014563	0.284929	550.384424	561.658209	1.414214	0.717404	1.414214	1.0e+003*(1.0164 - 0.5504i),	4.656436	5.2490355E-5		
747.248645	1041.090027	0.977605	0.264016	582.221967	528.384584	1.414214	0.691271	1.414214	1.0e+003*(1.0411 - 0.5822i),	4.671341	5.2841875E-5		
705.029654	1061.515753	0.940467	0.245430	611.205950	498.531250	1.414214	0.665011	1.414214	1.0e+003*(1.0615 - 0.6112i),	4.683161	5.3127016E-5		

Anexo B

679.142666	1073.393297	0.916072	0.233696	628.260054	480.226385	1.414214	0.647761	1.414214	1.0e+003*(1.0734 - 0.6283i),	4.689859	5.3291253E-5	6,623816	5,2305455E-5
631.387585	1092.983913	0.867201	0.241902	660.702657	446.458443	1.414214	0.613204	1.414214	1.0e+003*(1.0930 - 0.6607i),	4.700586	5.3558473E-5		
599.570706	1103.063963	0.831096	0.198935	682.333526	423.960512	1.414214	0.587673	1.414214	1.0e+003*(1.1031 - 0.6823i),	4.70597	5.369461E-5		
561.987257	1110.017644	0.783910	0.181474	703.803100	397.385001	1.414214	0.554308	1.414214	1.0e+003*(1.1100 - 0.7038i),	4.709593	5.378702E-5		
528.390649	1111.508437	0.738036	0.166796	719.166919	373.628611	1.414214	0.521871	1.414214	1.0e+003*(1.1115 - 0.7192i),	4.7103744	5.380704E-5	6,841323	5,481255E-5
506.521029	1106.883383	0.704546	0.186189	723.243596	358.164454	1.414214	0.498189	1.414214	1.0e+003*(1.1069 - 0.7232i),	4.7079706	5.3745563E-5		
472.828260	1095.528682	0.650934	0.171174	728.257802	334.340069	1.414214	0.460280	1.414214	1.0e+003*(1.0955 - 0.7283i),	4.7019277	5.3592266E-5		
444.349521	1074.732332	0.600116	0.128799	721.994229	314.202559	1.414214	0.424346	1.414214	1.0e+003*(1.0747 - 0.7220i),	4.6905823	5.33091E-5		
424.767908	1050.960011	0.560980	0.119246	708.095498	300.356268	1.414214	0.396673	1.414214	1.0e+003*(1.0510 - 0.7081i),	4.677131	5.2980828E-5		
397.287406	1012.429062	0.505451	0.136683	683.698211	280.924619	1.414214	0.357408	1.414214	1.0e+003*(1.0124 - 0.6837i),	4.653959	5.2432766E-5	6,8486595	5,33607E-5
377.632527	973.848721	0.462137	0.097740	655.965438	267.026521	1.414214	0.326780	1.414214	1.0e+003*(0.9738 - 0.6560i),	4.629103	5.1867173E-5		
352.791094	916.839737	0.406463	0.086539	610.833569	249.460975	1.414214	0.287413	1.414214	1.0e+003*(0.9168 - 0.6108i),	4.5890045	5.0997398E-5		
331.971607	853.034219	0.355858	0.166121	553.782629	234.739374	1.414214	0.251630	1.414214	1.0e+003*(0.8530 - 0.5538i),	4.53871	4.997016E-5		
313.473706	785.668686	0.309493	0.067381	497.501559	221.659383	1.414214	0.218844	1.414214	1.0e+003*(0.7857 - 0.4975i),	4.4784803	4.8817456E-5		
298.803904	729.267357	0.273831	0.060847	447.953024	211.286267	1.414214	0.193628	1.414214	1.0e+003*(0.7293 - 0.4480i),	4.42139	4.7789585E-5	6,3353477	4,7751564E-5
278.683488	645.219156	0.225958	0.080346	373.488789	197.058984	1.414214	0.159777	1.414214	1.0e+003*(0.6452 - 0.3735i),	4.3228226	4.6135323E-5		
259.878790	566.488792	0.185000	0.071671	305.238571	183.762055	1.414214	0.130815	1.414214	1.0e+003*(0.5665 - 0.3052i),	4.2126303	4.443087E-5		
245.750845	510.761847	0.157733	0.064978	257.556634	173.772089	1.414214	0.111534	1.414214	1.0e+003*(0.5108 - 0.2576i),	4.1214905	4.3114604E-5		
229.951540	453.104533	0.130932	0.027135	210.474473	162.600293	1.414214	0.092583	1.414214	1.0e+003*(0.4531 - 0.2105i),	4.012709	4.1635936E-5		
219.357108	421.950747	0.116312	0.022765	185.662851	155.108898	1.414214	0.082245	1.414214	1.0e+003*(0.4220 - 0.1857i),	3.9467704	4.0782477E-5		
201.285060	371.458784	0.093958	0.014074	148.218988	142.330031	1.414214	0.066438	1.414214	1.0e+003*(0.3715 - 0.1482i),	3.8263834	3.9297585E-5		
190.959266	347.942070	0.083494	0.009760	131.462455	135.028592	1.414214	0.059039	1.414214	1.0e+003*(0.3479 - 0.1315i),	3.7634585	3.8555547E-5	4,744838	3,749714E-5
179.482600	322.222867	0.072676	0.004144	113.758325	126.913364	1.414214	0.051389	1.414214	1.0e+003*(0.3222 - 0.1138i),	3.689226	3.7707392E-5		
167.450341	302.058304	0.063560	0.029296	100.991366	118.405272	1.414214	0.044944	1.414214	1.0e+003*(0.3021 - 0.1010i),	3.6264668	3.701163E-5		
158.084624	285.915387	0.056799	0.024382	91.246259	111.782710	1.414214	0.040163	1.414214	1.0e+003*(0.2859 - 0.0912i),	3.572507	3.642793E-5	4,347314	3,539225E-5
145.582248	266.861431	0.048821	-0.011479	80.211416	102.942195	1.414214	0.034521	1.414214	1.0e+003*(0.2669 - 0.0802i),	3.5049307	3.571457E-5		
138.999077	256.190237	0.044749	-0.014557	74.659383	98.287190	1.414214	0.031642	1.414214	1.0e+003*(0.2562 - 0.0747i),	3.4646327	3.529794E-5		
127.168297	241.985285	0.038670	-0.019590	67.140895	89.921565	1.414214	0.027344	1.414214	1.0e+003*(0.2420 - 0.0671i),	3.40841	3.4726963E-5		
122.581599	236.210244	0.036386	0.038857	63.584669	86.678280	1.414214	0.025729	1.414214	1.0e+003*(0.2362 - 0.0636i),	3.3844817	3.4487435E-5	3,9946556	3,3530676E-5

Caracterización de las propiedades magnéticas de recipientes de inducción.

110.888190	222.261926	0.030971	-0.027058	56.889476	78.409791	1.414214	0.021900	1.414214	1.0e+003*(0.2223 - 0.0569i),	3.3246734	3.3897366E-5
105.271203	215.662587	0.028530	-0.028845	53.844149	74.437981	1.414214	0.020173	1.414214	1.0e+003*(0.2157 - 0.0538i),	3.2949784	3.3608794E-5
99.457315	206.857333	0.025853	-0.032349	48.789553	70.326942	1.414214	0.018281	1.414214	1.0e+003*(0.2069 - 0.0488i),	3.2539873	3.3215038E-5
93.339683	200.342387	0.023499	-0.034895	45.341387	66.001123	1.414214	0.016616	1.414214	1.0e+003*(0.2003 - 0.0453i),	3.2221339	3.2912612E-5
86.211603	194.033701	0.021021	-0.037906	41.597479	60.960809	1.414214	0.014864	1.414214	1.0e+003*(0.1940 - 0.0416i),	3.1907876	3.2617943E-5
79.291108	185.059106	0.018439	-0.041338	36.926447	56.067280	1.414214	0.013039	1.414214	1.0e+003*(0.1851 - 0.0369i),	3.14484	3.2191125E-5
47.518495	151.839545	0.009067	-0.055109	15.169960	33.600650	1.414214	0.006411	1.414214	1.0e+003*(0.1518 - 0.0152i),	2.9528234	3.0468998E-5
47.254435	151.264977	0.008982	0.005653	15.471797	33.413932	1.414214	0.006351	1.414214	1.0e+003*(0.1513 - 0.0155i),	2.9496624	3.0441439E-5
47.382649	150.884004	0.008984	-0.055447	15.640555	33.504593	1.414214	0.006353	1.414214	1.0e+003*(0.1509 - 0.0156i),	2.947127	3.041935E-5
47.582602	150.882626	0.009022	-0.024949	15.790235	33.645980	1.414214	0.006379	1.414214	1.0e+003*(0.1509 - 0.0158i),	2.947127	3.041935E-5
14.562956	116.571696	0.002133	-0.069862	75.368192	10.297565	1.414214	0.001508	1.414214	1.0e+003*(0.1166 - 0.0754i),	2.7042897	2.837458E-5
14.581273	119.133548	0.002183	-0.070160	73.672172	10.310517	1.414214	0.001544	1.414214	1.0e+003*(0.1191 - 0.0737i),		
14.280581	124.098687	0.002227	-0.069882	77.690177	10.097895	1.414214	0.001575	1.414214	1.0e+003*(0.1241 - 0.0777i),		
14.475954	122.777659	0.002233	-0.069651	79.593730	10.236045	1.414214	0.001579	1.414214	1.0e+003*(0.1228 - 0.0796i),		
14.143209	120.497645	0.002142	-0.069798	86.806980	10.000759	1.414214	0.001514	1.414214	1.0e+003*(0.1205 - 0.0868i)		
14.129472	123.570289	0.002194	-0.069969	78.163425	9.991045	1.414214	0.001551	1.414214			
14.269896	128.285114	0.002300	-0.069711	74.236752	10.090340	1.414214	0.001627	1.414214			

Tabla B.2
Datos y resultados de la muestra FY

%H[A/m]	Perm re	B(Tesla)	Iprimario(A)	Perm im	Hrms(A/m)	H/Hrms	Brms(Tesla)	B/Brms	u_carga	Delta_R	L_eq	Delta_R COMPLEJA	Leq COMPLEJA
9035.425814	153.478592	1.742634	3.767429	9.485316	6294.693621	1.435404	1.552444	1.122511	1.0e+003*(0.1535 - 0.0095i),	2.9635022	3.0562285E-5	3,0793154	3,0302366E-5
7860.059617	174.027032	1.718907	3.261735	12.393388	5457.113812	1.440333	1.522908	1.128701	1.0e+003*(0.1740 - 0.0124i),	3.084583	3.1640266E-5	3,224715	3,133968E-5
7024.277021	192.669767	1.700690	2.911619	15.386487	4865.980285	1.443548	1.500209	1.133635	1.0e+003*(0.1927 - 0.0154i),	3.1842003	3.2556385E-5		
6270.561519	213.405342	1.681596	2.598357	19.055262	4328.530634	1.448658	1.475954	1.139328	1.0e+003*(0.2134 - 0.0191i),	3.2844224	3.350689E-5	3,474714	3,3131466E-5
5580.210359	236.981808	1.661787	2.311550	23.683988	3832.619729	1.455978	1.449469	1.146480	1.0e+003*(0.2370 - 0.0237i),	3.387817	3.45207E-5		
4949.418144	263.825375	1.640894	2.049172	29.610109	3383.726435	1.462712	1.422837	1.153255	1.0e+003*(0.2638 - 0.0296i),	3.49343	3.5595014E-5	3,7512846	3,5136753E-5
4412.746050	292.127092	1.619909	1.824859	36.539178	2999.182568	1.471316	1.395631	1.160700	1.0e+003*(0.2921 - 0.0365i),	3.5935357	3.6653866E-5		
3940.007169	322.887294	1.598666	1.627112	44.922892	2659.195695	1.481654	1.367573	1.168980	1.0e+003*(0.3229 - 0.0449i),	3.6913338	3.7731086E-5	4,0345016	3,7191738E-5
3497.334610	358.398973	1.575121	1.441298	55.609037	2340.211660	1.494452	1.336648	1.178411	1.0e+003*(0.3584 - 0.0556i),	3.7920356	3.888981E-5		
3085.731152	399.449094	1.548921	1.268710	69.307348	2042.884497	1.510478	1.302347	1.189331	1.0e+003*(0.3994 - 0.0693i),	3.8951018	4.013413E-5	4,3549056	3,951896E-5
2741.522516	441.891055	1.522358	1.123738	85.093550	1791.686065	1.530136	1.267072	1.201478	1.0e+003*(0.4419 - 0.0851i),	3.9896097	4.1333493E-5		
2464.291965	483.152583	1.496189	1.006765	102.024095	1592.231997	1.547697	1.234801	1.211684	1.0e+003*(0.4832 - 0.1020i),	4.0714765	4.242318E-5	4,6649704	4,1762993E-5
2185.861730	532.938546	1.463894	0.889792	124.428648	1390.058699	1.572496	1.195024	1.224992	1.0e+003*(0.5329 - 0.1244i),	4.1591268	4.3648914E-5		
1941.049509	585.469504	1.428074	0.785988	150.760949	1210.766690	1.603157	1.151260	1.240444	1.0e+003*(0.5855 - 0.1508i),	4.241064	4.4857923E-5	5,0053487	4,4197615E-5
1727.857292	639.435641	1.388400	0.695613	180.674185	1059.127642	1.631397	1.107114	1.254071	1.0e+003*(0.6394 - 0.1807i),	4.3153467	4.6015248E-5		
1508.097181	705.197370	1.336441	0.601893	221.336876	909.429324	1.658290	1.053806	1.268205	1.0e+003*(0.7052 - 0.2213i),	4.39491	4.7331305E-5	5,3696527	4,6751666E-5
1355.962265	757.952632	1.291515	0.537023	257.961014	808.951825	1.676197	1.008849	1.280187	1.0e+003*(0.7580 - 0.2580i),	4.4512568	4.832015E-5		
1200.066414	819.319370	1.235573	0.470227	304.786627	711.512454	1.686641	0.956371	1.291939	1.0e+003*(0.8193 - 0.3048i),	4.509545	4.9402388E-5	5,70157	4,8989325E-5
1040.488998	890.490752	1.164332	0.401358	366.293372	616.335199	1.688187	0.891999	1.305306	1.0e+003*(0.8905 - 0.3663i),	4.5690093	5.0581166E-5		
921.256214	948.364450	1.097907	0.349310	423.013860	548.067157	1.680918	0.834432	1.315753	1.0e+003*(0.9484 - 0.4230i),	4.611758	5.148487E-5	6,0748982	5,1388855E-5
881.679344	968.207439	1.072726	0.332412	443.767337	525.382566	1.678166	0.812305	1.320595	1.0e+003*(0.9682 - 0.4438i),	4.6253486	5.1783594E-5	6,1329737	5,1750696E-5
804.143540	1007.274093	1.017867	0.297958	488.603532	483.553706	1.662987	0.767341	1.326486	1.0e+003*(1.0073 - 0.4886i),	4.6507745	5.2359068E-5		
766.089973	1025.952346	0.987681	0.281199	511.613069	462.654474	1.655858	0.742212	1.330726	1.0e+003*(1.0260 - 0.5116i),	4.662308	5.262781E-5		

Caracterización de las propiedades magnéticas de recipientes de inducción.

728.933903	1043.532044	0.955881	0.265060	535.308282	443.085271	1.645132	0.716666	1.333789	1.0e+003*(1.0435 - 0.5353i),	4.6727543	5.287566E-5	6,372218	5,3141757E-5
692.605118	1059.743696	0.922351	0.248659	558.193822	423.318660	1.636132	0.689152	1.338386	1.0e+003*(1.0597 - 0.5582i),	4.682135	5.310204E-5		
656.842610	1073.957375	0.886458	0.232747	580.965301	404.498682	1.623844	0.660419	1.342267	1.0e+003*(1.0740 - 0.5810i),	4.6901927	5.3299493E-5		
622.388190	1085.422603	0.848926	0.217414	602.665944	386.530902	1.610190	0.631028	1.345308	1.0e+003*(1.0854 - 0.6027i),	4.6964707	5.3455336E-5	6,5385933	5,396487E-5
556.918228	1098.761657	0.768962	0.187619	639.420712	351.706094	1.583476	0.568030	1.353735	1.0e+003*(1.0988 - 0.6394i),	4.7036896	5.363678E-5		
526.994031	1096.282616	0.726002	0.173700	650.620314	335.793856	1.569397	0.534952	1.357135	1.0e+003*(1.0963 - 0.6506i),	4.702356	5.3603067E-5		
497.630006	1089.863813	0.681536	0.160552	658.822101	320.030167	1.554947	0.500746	1.361041	1.0e+003*(1.0899 - 0.6588i),	4.698914	5.3516476E-5	6,6954436	5,426022E-5
470.031974	1076.049961	0.635579	0.147567	659.253511	304.766454	1.542269	0.465308	1.365932	1.0e+003*(1.0760 - 0.6593i),	4.6913037	5.332693E-5		
443.877875	1054.461855	0.588172	0.135309	652.698982	290.175716	1.529686	0.429259	1.370203	1.0e+003*(1.0545 - 0.6527i),	4.6791534	5.3029693E-5		
418.958597	1024.654867	0.539459	0.123535	638.628205	276.287729	1.516385	0.392683	1.373778	1.0e+003*(1.0247 - 0.6386i),	4.661519	5.260926E-5	6,7017913	5,3306638E-5
395.202402	986.198259	0.489772	0.112088	615.085713	262.359242	1.506341	0.355181	1.378937	1.0e+003*(0.9862 - 0.6151i),	4.63728	5.2050847E-5		
372.725293	938.040842	0.439360	0.100922	581.478785	248.899089	1.497496	0.317577	1.383477	1.0e+003*(0.9380 - 0.5815i),	4.6044173	5.132592E-5		
351.331896	880.656234	0.388807	0.090602	538.024756	235.651452	1.490896	0.280035	1.388423	1.0e+003*(0.8807 - 0.5380i),	4.5613	5.042352E-5	6,5242753	5,0742954E-5
330.326194	815.162144	0.338374	0.080064	486.914246	222.624010	1.483785	0.242934	1.392862	1.0e+003*(0.8152 - 0.4869i),	4.5058637	4.9332044E-5		
309.833347	741.016779	0.288513	0.069526	426.704276	209.338355	1.480060	0.206473	1.397341	1.0e+003*(0.7410 - 0.4267i),	4.433778	4.800782E-5		
289.410712	660.434829	0.240190	0.059448	359.662696	195.351897	1.481484	0.171043	1.404263	1.0e+003*(0.6604 - 0.3597i),	4.341971	4.6446134E-5		
268.398904	576.360431	0.194395	0.048831	291.496791	181.614232	1.477852	0.138223	1.406384	1.0e+003*(0.5764 - 0.2915i),	4.227602	4.46547E-5	5,736259	4,009023E-5
245.535627	492.465519	0.151950	0.037093	225.481300	166.290034	1.476550	0.107980	1.407203	1.0e+003*(0.4925 - 0.2255i),	4.0887218	4.2659278E-5		
220.581244	414.938141	0.115017	0.024934	167.740022	149.695446	1.473533	0.081741	1.407090	1.0e+003*(0.4149 - 0.1677i),	3.9308982	4.0581464E-5		
194.057767	345.934757	0.084360	0.011794	120.508262	131.589279	1.474723	0.060025	1.405408	1.0e+003*(0.3459 - 0.1205i),	3.7579048	3.84911E-5	4,6589	3,7468522E-5
163.474184	293.036889	0.060198	-0.002077	88.267957	111.626607	1.464473	0.042769	1.407501	1.0e+003*(0.2930 - 0.0883i),	3.5965486	3.6686397E-5		
132.444906	248.053689	0.041285	-0.016508	64.808421	90.682084	1.460541	0.029327	1.407735	1.0e+003*(0.2481 - 0.0648i),	3.4329617	3.4974866E-5		
100.829508	210.184774	0.026632	-0.030954	46.070247	68.802528	1.465491	0.018772	1.418680	1.0e+003*(0.2102 - 0.0461i),	3.269552	3.3363933E-5	3,7435532	3,2538617E-5
68.330350	172.667978	0.014826	-0.045648	28.187796	46.533468	1.468413	0.010582	1.401104	1.0e+003*(0.1727 - 0.0282i),	3.0772972	3.1574324E-5		
35.361074	139.375422	0.006193	-0.060492	8.088128	23.967120	1.475399	0.004972	1.245669	1.0e+003*(0.1394 - 0.0081i),	2.8715816	2.976841E-5		
2.564277	198.207916	0.000639	-0.075022	1103.545198	3.941005	0.650666	0.002580	0.247563	1.0e+003*(0.1982 - 1.1035i)				

Tabla B.3
Datos y resultados de la muestra Zenith_Base

H[A/m]	Perm re	B(Tesla)	Iprimario(A)	Perm im	Hrms(A/m)	H/Hrms	Brms(Tesla)	B/Brms	ucarga	Delta_R	Leq	Delta_R COMPLEJA	Leq COMPLEJA
9007,500968	87,601044	0,99157	3,711636	5,752781	6369,26502	1,414214	0,701146	1,414214	1.0e+002*(0.8760 - 0.0575i)	2.4462306	2.6342255E-5	2,5443695	2,6088703E-5
7744,342991	98,995508	0,963407	3,179006	7,705774	5476,07745	1,414214	0,681232	1,414214	1.0e+002*(0.9900 - 0.0771i)	2.555017	2.7182736E-5	2,6777716	2,6877218E-5
6951,573377	107,952568	0,943031	2,842285	9,469954	4915,50468	1,414214	0,666824	1,414214	1.0e+002*(1.0795 - 0.0947i)	2.6334627	2.7803257E-5	2,7769866	2,7456268E-5
6164,253591	118,343917	0,916719	2,508523	11,738964	4358,78552	1,414214	0,648218	1,414214	1.0e+002*(1.1834 - 0.1174i)	2.7179995	2.8486425E-5		
5470,988682	129,419935	0,889768	2,214998	14,497107	3868,5732	1,414214	0,629161	1,414214	1.0e+002*(1.2942 - 0.1450i)	2.8014855	2.9176577E-5	2,9995785	2,8729219E-5
4921,507159	139,683395	0,863879	1,984791	17,45683	3480,03109	1,414214	0,610854	1,414214	1.0e+002*(1.3968 - 0.1746i)	2.8734846	2.9784638E-5		
4369,553183	151,987322	0,834554	1,753094	21,402069	3089,74069	1,414214	0,590119	1,414214	1.0e+002*(1.5199 - 0.2140i)	2.9540222	3.0479458E-5	3,220528	2,9919305E-5
3879,69164	165,296975	0,805883	1,547414	26,100558	2743,35627	1,414214	0,569845	1,414214	1.0e+002*(1.6530 - 0.2610i)	3.0348523	3.1192947E-5		
3444,191448	179,591482	0,77729	1,364396	31,716376	2435,41113	1,414214	0,549627	1,414214	1.0e+002*(1.7959 - 0.3172i)	3.1153562	3.1920354E-5	3,4735837	3,123026E-5
3098,273229	192,745008	0,750434	1,220584	37,708176	2190,81001	1,414214	0,530637	1,414214	1.0e+002*(1.9275 - 0.3771i)	3.1844544	3.2558757E-5		
2746,341227	208,496273	0,719553	1,074586	45,562516	1941,95651	1,414214	0,508801	1,414214	1.0e+002*(2.0850 - 0.4556i)	3.2615633	3.328742E-5	3,732416	3,2464235E-5
2435,712477	225,767821	0,691032	0,945431	54,720319	1722,30881	1,414214	0,488633	1,414214	1.0e+002*(2.2577 - 0.5472i)	3.3399425	3.4046865E-5		
2186,885917	241,103719	0,662582	0,843763	64,178507	1546,36186	1,414214	0,468517	1,414214	1.0e+002*(2.4110 - 0.6418i)	3.4047348	3.4690045E-5	4,0120006	3,3743578E-5
1937,662528	259,121007	0,630944	0,73999	76,245866	1370,13431	1,414214	0,446145	1,414214	1.0e+002*(2.5912 - 0.7625i)	3.4757996	3.541276E-5		
1739,67892	275,688986	0,602696	0,658064	88,484429	1230,13876	1,414214	0,42617	1,414214	1.0e+002*(2.7569 - 0.8848i)	3.5368009	3.604864E-5	4,3072524	3,4999972E-5
1540,901619	294,348819	0,569964	0,575403	103,44414	1089,58198	1,414214	0,403025	1,414214	1.0e+002*(2.9435 - 1.0344i)	3.6010497	3.673507E-5		
1362,890395	313,251866	0,536493	0,501838	118,63617	963,70904	1,414214	0,379358	1,414214	1.0e+002*(3.1325 - 1.1864i)	3.6618242	3.74013E-5	4,6308265	3,695697E-5
1223,312811	328,77246	0,505409	0,444142	135,86269	865,012784	1,414214	0,357378	1,414214	1.0e+002*(3.2877 - 1.3586i)	3.7088132	3.7928454E-5		

Caracterización de las propiedades magnéticas de recipientes de inducción.

1082,781258	343,603136	0,467528	0,385314	153,75677	765,64197	1,414214	0,330592	1,414214	1.0e+002*(3.4360 - 1.5376i)	3.7514732	3.841667E-5	4,9132156	3,7290352E-5
970,682658	353,816958	0,431584	0,33768	169,29843	686,37629	1,414214	0,305176	1,414214	1.0e+002*(3.5382 - 1.6930i)	3.7796886	3.874484E-5	5,034184	3,7623788E-5
907,461015	358,620482	0,408953	0,311145	178,0527	641,671837	1,414214	0,289173	1,414214	1.0e+002*(3.5862 - 1.7805i)	3.7926242	3.8896746E-5		
860,107363	361,521775	0,390748	0,291721	184,25782	608,187749	1,414214	0,276301	1,414214	1.0e+002*(3.6152 - 1.8426i)	3.8003447	3.8987848E-5		
803,93443	363,333886	0,367059	0,267682	191,03107	568,467487	1,414214	0,25955	1,414214	1.0e+002*(3.6333 - 1.9103i)	3.8051276	3.9044455E-5	5,195661	3,7940754E-5
761,346061	362,754592	0,34706	0,25049	195,22427	538,352963	1,414214	0,245409	1,414214	1.0e+002*(3.6275 - 1.9522i)	3.803598	3.9026334E-5		
721,312812	360,349509	0,326631	0,233759	197,97765	510,04518	1,414214	0,230963	1,414214	1.0e+002*(3.6035 - 1.9798i)	3.7972383	3.895115E-5		
674,685706	355,004545	0,300985	0,21316	199,1795	477,074838	1,414214	0,212829	1,414214	1.0e+002*(3.5500 - 1.9918i)	3.782887	3.8782313E-5	5,2570305	3,7668007E-5
639,759642	349,244387	0,280774	0,197589	197,57959	452,378381	1,414214	0,198537	1,414214	1.0e+002*(3.4924 - 1.9758i)	3.7671592	3.8598584E-5		
606,011924	339,684484	0,258682	0,183519	194,32619	428,515141	1,414214	0,182916	1,414214	1.0e+002*(3.3968 - 1.9433i)	3.7403996	3.8289032E-5		
566,955542	324,217385	0,230991	0,166582	187,39232	400,898109	1,414214	0,163335	1,414214	1.0e+002*(3.2422 - 1.8739i)	3.6952949	3.777568E-5		
531,388409	306,924095	0,204952	0,15082	176,26691	375,748347	1,414214	0,144923	1,414214	1.0e+002*(3.0692 - 1.7627i)	3.6419222	3.7181242E-5	5,086318	3,5947334E-5
504,512343	292,398678	0,185378	0,139611	165,03697	356,744099	1,414214	0,131082	1,414214	1.0e+002*(2.9240 - 1.6504i)	3.594541	3.666472E-5		
472,867944	268,615469	0,159618	0,125716	149,22965	334,368129	1,414214	0,112867	1,414214	1.0e+002*(2.6862 - 1.4923i)	3.5112524	3.5780507E-5		
450,326727	249,522635	0,141204	0,115118	134,43384	318,429083	1,414214	0,099846	1,414214	1.0e+002*(2.4952 - 1.3443i)	3.4385893	3.5032E-5		
416,801858	222,64817	0,116616	0,16006	112,69331	294,72342	1,414214	0,08246	1,414214	1.0e+002*(2.2265 - 1.1269i)	3.326224	3.391251E-5	4,470967	3,2528E-5
401,69094	208,876796	0,105437	0,094384	101,79966	284,038387	1,414214	0,074555	1,414214	1.0e+002*(2.0888 - 1.0180i)	3.2633543	3.3304557E-5		
372,46734	185,107389	0,086641	0,081117	82,224964	263,374182	1,414214	0,061264	1,414214	1.0e+002*(1.8511 - 0.8222i)	3.1448927	3.2191612E-5		
354,093074	169,83569	0,075571	0,073037	70,277447	250,381614	1,414214	0,053437	1,414214	1.0e+002*(1.6984 - 0.7028i)	3.0610917	3.1428157E-5		
332,495146	154,353374	0,064493	0,123524	57,937288	235,109572	1,414214	0,045603	1,414214	1.0e+002*(1.5435 - 0.5794i)	2.9688022	3.0608695E-5	3,7063615	2,937281E-5
311,919875	141,794371	0,055579	0,054932	48,160052	220,560659	1,414214	0,0393	1,414214	1.0e+002*(1.4179 - 0.4816i)	2.8877196	2.9906307E-5		
296,479264	134,285998	0,050031	0,047941	41,598078	209,642498	1,414214	0,035377	1,414214	1.0e+002*(1.3429 - 0.4160i)	2.8362536	2.9468692E-5		
277,427297	125,564391	0,043775	0,039846	35,684672	196,170723	1,414214	0,030954	1,414214	1.0e+002*(1.2556 - 0.3568i)	2.7731192	2.8940314E-5		
263,56799	119,521724	0,039587	0,034658	31,839599	186,370713	1,414214	0,027992	1,414214	1.0e+002*(1.1952 - 0.3184i)	2.7272	2.8561717E-5	3,1952677	2,76134E-5
243,734528	112,67589	0,034511	0,025641	27,213648	172,346338	1,414214	0,024403	1,414214	1.0e+002*(1.1268 - 0.2721i)	2.6727588	2.8118908E-5		
231,016936	108,651299	0,031542	0,020334	25,03404	163,353642	1,414214	0,022304	1,414214	1.0e+002*(1.0865 - 0.2503i)	2.6393678	2.7850481E-5		
214,001126	107,186476	0,028825	0,013351	21,840014	151,321647	1,414214	0,020382	1,414214	1.0e+002*(1.0719 - 0.2184i)	2.627015	2.775178E-5		
202,886206	102,256761	0,026071	0,008442	20,390757	143,462212	1,414214	0,018435	1,414214	1.0e+002*(1.0226 - 0.2039i)	2.5842443	2.7412463E-5	2,9100003	2,6682272E-5

Anexo B

189,72597	99,90556	0,023819	0,003254	18,533528	134,15652	1,414214	0,016843	1,414214	1.0e+002*(0.9991 - 0.1853i)	2.563254	2.7247306E-5		
179,575707	98,172667	0,022154	-0,000972	17,689222	126,9792	1,414214	0,015665	1,414214	1.0e+002*(0.9817 - 0.1769i)	2.5474496	2.7123535E-5		
166,42463	96,531391	0,020188	-0,006597	15,883525	117,679984	1,414214	0,014275	1,414214	1.0e+002*(0.9653 - 0.1588i)	2.5323424	2.7005683E-5		
158,197574	96,251146	0,019134	-0,00995	14,935212	111,862577	1,414214	0,01353	1,414214	1.0e+002*(0.9625 - 0.1494i)	2.5297422	2.6985444E-5	2,7752771	2,6406235E-5
149,827041	95,513319	0,017983	-0,013191	14,760501	105,943717	1,414214	0,012716	1,414214	1.0e+002*(0.9551 - 0.1476i)	2.5228407	2.6931788E-5		
138,522854	90,994035	0,01584	-0,018085	13,572917	97,950449	1,414214	0,0112	1,414214	1.0e+002*(0.9099 - 0.1357i)	2.4797182	2.6598598E-5		
129,96	90,379319	0,01476	0,03894	12,562605	91,895597	1,414214	0,010437	1,414214	1.0e+002*(0.9038 - 0.1256i)	2.473767	2.655289E-5		
119,663207	89,231377	0,013418	-0,025949	11,738446	84,614665	1,414214	0,009488	1,414214	1.0e+002*(0.8923 - 0.1174i)	2.4624593	2.6466227E-5	2,6633303	2,5974668E-5
111,790266	95,745775	0,01345	0,032195	11,808907	79,047655	1,414214	0,009511	1,414214	1.0e+002*(0.9575 - 0.1181i)				
105,092619	90,411593	0,01194	-0,032281	10,679649	74,311703	1,414214	0,008443	1,414214	1.0e+002*(0.9041 - 0.1068i)				
98,315601	93,427954	0,011543	-0,03476	10,521372	69,519628	1,414214	0,008162	1,414214	1.0e+002*(0.9343 - 0.1052i)				
93,504529	89,305054	0,010493	-0,036817	10,246721	66,117686	1,414214	0,00742	1,414214	1.0e+002*(0.8931 - 0.1025i)				
86,449714	93,615261	0,01017	-0,039797	9,654113	61,129179	1,414214	0,007191	1,414214	1.0e+002*(0.9362 - 0.0965i)				
84,392187	88,889523	0,009427	-0,040734	10,102361	59,674288	1,414214	0,006666	1,414214	1.0e+002*(0.8889 - 0.1010i)				
51,712919	140,743448	0,009146	0,252008	9,842319	36,566556	1,414214	0,006467	1,414214	1.0e+002*(1.4074 - 0.0984i)				
52,338725	136,278693	0,008963	-0,0525	11,945622	37,009067	1,414214	0,006338	1,414214	1.0e+002*(1.3628 - 0.1195i)				
52,369252	142,583959	0,009383	-0,053334	9,768771	37,030653	1,414214	0,006635	1,414214	1.0e+002*(1.4258 - 0.0977i)				
52,079245	135,76405	0,008885	-0,053254	4,599151	36,825587	1,414214	0,006283	1,414214	1.0e+002*(1.3576 - 0.0460i)				
17,293606	283,545459	0,006162	-0,067594	190,25766	12,228426	1,414214	0,004357	1,414214	1.0e+002*(2.8355 - 1.9026i)				
17,553087	321,057292	0,007082	0,239336	213,94634	12,411907	1,414214	0,005008	1,414214	1.0e+002*(3.2106 - 2.1395i)				
16,774645	324,838757	0,006847	-0,067554	132,37579	11,861465	1,414214	0,004842	1,414214	1.0e+002*(3.2484 - 1.3238i)				
16,606746	296,041606	0,006178	-0,067753	129,7086	11,742743	1,414214	0,004368	1,414214	1.0e+002*(2.9604 - 1.2971i)				
17,461505	284,476577	0,006242	0,238542	85,720792	12,347149	1,414214	0,004414	1,414214	1.0e+002*(2.8448 - 0.8572i)				
17,583614	297,61025	0,006576	-0,067077	156,33202	12,433492	1,414214	0,00465	1,414214	1.0e+002*(2.9761 - 1.5633i)				
17,476769	307,209022	0,006747	-0,067753	172,24697	12,357942	1,414214	0,004771	1,414214	1.0e+002*(3.0721 - 1.7225i)				

B.2. Código Matlab. Representación de gráficas

%Dibuja las graficas obtenidas a partir de los datos de permac.

%% FX %%%

%ciclo de histéresis

```
load Fx_2hz_BHI.dat
H=Fx_2hz_BHI(:,1);
B=Fx_2hz_BHI(:,2);
subplot(4,2,1)
plot(H,B)
title('Grafica Fx_2hz_BHI s B-H')
xlabel('H (A/m)') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('B (Teslas)') %nombramos al eje de la ordenadas
```

```
% U_Carga calculo u compleja
load fx_2hz.dat
H2=fx_2hz(:,1);
ureal=fx_2hz(:,2);
uimg=fx_2hz(:,5);
subplot(4,2,2)
plot(H2,ureal,'b')
hold on
plot(H2,uimg,'r')
hold on
plot(max(ureal),'b-')
title('Permeabilidad-H FX')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Permeabilidad') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on
ucarga=ureal-j*uimg
```

%% FX Representación de H con respecto ucarga-Delta_R-Lequ

```
load ulh_fx.dat
load urh_fx.dat
u=ulh_fx(:,2);
h=ulh_fx(:,1);
Delta_R=urh_fx(:,3);
L=ulh_fx(:,3);
```

```
subplot(3,1,1)
semilogx(h,u,'r')
title('Permeabilidad-H FX')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Permeabilidad') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on
```

```
subplot(3,1,2)
semilogx(h,Delta_R,'b')
```



```

title('Delta R-H FX')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('DeltaR') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

subplot(3,1,3)
semilogx(h,L)
title('Leq-H FX')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Leq') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

%% representacion grafica fx leq(ur-jui) y Delta R(ur-jui)
%% respecto H
load hrl_fx.dat

r=hrl_fx(:,2);
h=hrl_fx(:,1);
l=hrl_fx(:,3);

subplot(2,1,1)
semilogx(h,r,'r')
title(' FX ')
xlabel('H (A/m)') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Delta_R') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

subplot(2,1,2)
semilogx(h,l,'b')
title('FX')
xlabel('H (A/m)') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Lequ') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

%% FY
load FY_1Hz.dat
H2=FY_1Hz(:,1);
ureal=FY_1Hz(:,2);
uimg=FY_1Hz(:,5);
subplot(4,2,2)
plot(H2,ureal,'b')
hold on
plot(H2,uimg,'r')
hold on
plot(max(ureal),'b-')
title('Permeabilidad-H FY')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Permeabilidad') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on
ucarga=ureal-j*uimg

load hul_fy.dat
load hur_fy.dat
u=hul_fy(:,2);
h=hul_fy(:,1);
Delta_R=hur_fy(:,3);
L=hul_fy(:,3);

```

```
subplot(3,1,1)
semilogx(h,u,'r')
title('Permeabilidad-H FY')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Permeabilidad') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

subplot(3,1,2)
semilogx(h,Delta_R,'b')
title('Delta R-H FY')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('DeltaR') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

subplot(3,1,3)
semilogx(h,L)
title('Leq-H FY')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Leq') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

% Representación FY DeltaR(ur-jui) y L (ur-juimg) respecto de H
load hrl_fy.dat

r=hrl_fy(:,2);
h=hrl_fy(:,1);
l=hrl_fy(:,3);

subplot(2,1,1)
semilogx(h,r,'r')
title(' FY ')
xlabel('H (A/m)') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Delta_R') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

subplot(2,1,2)
semilogx(h,l,'b')
title('FY')
xlabel('H (A/m)') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Lequ') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

%Dibuja las graficas obtenidas a partir de los datos de permac.
% solo base de zenith

load zenithbase2BHI.dat
H=zenithbase2BHI(:,1);
B=zenithbase2BHI(:,2);
subplot(4,2,3)
plot(H,B)
title('Grafica Base B-H')
xlabel('H (A/m)') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('B (Teslas)') %nombramos al eje de la ordenadas

load zenithbase2.dat
H3=zenithbase2(:,1);
ureal=zenithbase2(:,2);
uimg=zenithbase2(:,5);
subplot(4,2,4)
plot(H3,ureal,'b')
```

```

hold on
plot(H3,uimg,'r')
hold on
plot(max(ureal),'b-')
title(' Grafica Solo base Permeabilidad-H')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Permeabilidad') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

load ur_zenith_base.dat
load ul_zenith_base.dat
u=ul_zenith_base(:,2);
h=ul_zenith_base(:,1);
Delta_R=ur_zenith_base(:,3);
L=ul_zenith_base(:,3);

subplot(3,1,1)
semilogx(h,u,'r')
title('Permeabilidad-H FY')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Permeabilidad') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

subplot(3,1,2)
semilogx(h,Delta_R,'b')
title('Delta R-H FY')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('DeltaR') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

subplot(3,1,3)
semilogx(h,L)
title('Leq-H FY')
xlabel('H') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Leq') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

% Representación hrl_zenbase DeltaR(ur-jui) y L (ur-juimg) respecto de
H
load hrl_zenbase.dat

r=hrl_zenbase(:,2);
h=hrl_zenbase(:,1);
l=hrl_zenbase(:,3);

subplot(2,1,1)
semilogx(h,r,'r')
title(' Zenith Base ')
xlabel('H (A/m)') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Delta_R') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

subplot(2,1,2)
semilogx(h,l,'b')
title('Zenith Base')
xlabel('H (A/m)') %Nombramos al eje de las abscisas
ylabel('Lequ') %nombramos al eje de la ordenadas
hold on

```

```
#####zenith base
load ur_zenith_base.dat
u=ur_zenith_base(:,1);
r=ur_zenith_base(:,2);
plot(u,r)

load ul_zenith_base.dat
u=ul_zenith_base(:,1);
l=ul_zenith_base(:,2);
plot(u,l)
```

REFERENCIAS

- [1] I. G. Gonzalez. Octubre 2005. Artículo. "*Aplicaciones del calentamiento por inducción.*"
- [2] A. D. Delhoyo, (Noviembre 2005). Tesis doctoral. "*Modelización de la histeresis magnética y su aplicación* ", Departamento de ingeniería eléctrica, Politécnica de Cataluña, Barcelona, Noviembre 2005.
- [3] S. S. d. A. a. l. Investigación. (2010). *Permeámetro AC PERMAC*.
- [4] A. R. Castaño. (2008, 2008). *Propiedades magnéticas de la materia* [Física]. Tema IV.
- [5] C. Heck. (2000). *Magnetic Materials and Their Applications*.
- [6] Jesus Acero.(Marzo 2005).Tesis doctoral."*Estudio teórico y experimental del calentamiento por inducción doméstico de cualquier material conductor*". Departamento de ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Universidad de Zaragoza.