

Memoria de prácticas Experiencia Oersted cuantitativa

v.1

Desarrollado por:

D. David H. Ibáñez Díez

José María Muñoz Muñoz

Carlos Torres Cabrera

Versión julio de 2016 - 1

Índice

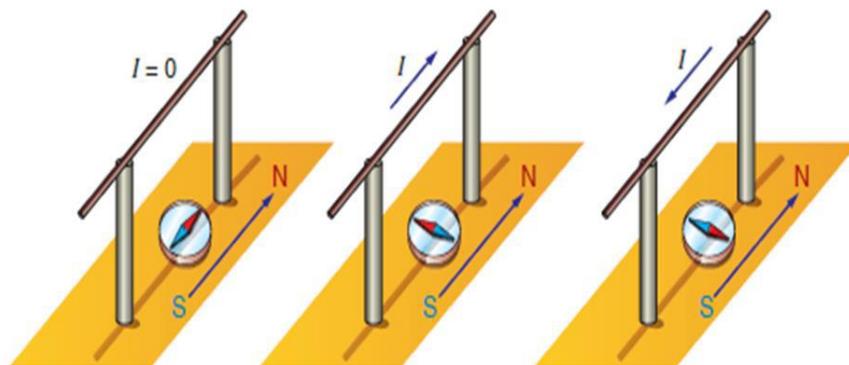
EXPERIENCIA CLÁSICA DE OERSTED	3
Antecedentes	3
Campo magnético cerca de un conductor rectilíneo	3
En ausencia de corriente eléctrica.....	3
Conclusión	3
Circulando corriente en ese mismo conductor.....	4
Preparación	4
Ensayos.....	5
Conclusiones	6
Contraste teórico.....	7
COMPROBACIÓN EXPERIMENTAL LEY DE AMPERE EN UN CONDUCTOR RECTILÍNEO	8
Introducción.....	8
Ensayos.....	8
Variando la intensidad.....	9
Conclusión	11
Variando la distancia de forma simétrica	12
Conclusiones	14
Variando la geometría asimetría	14
Conclusión	16
AMPLIACIONES DE INVESTIGACIÓN	17
Ampliación del rango de estudio, el elemento de consumo (pasivo).....	17
Buscar materiales aislantes de campos magnéticos.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18

EXPERIENCIA CLÁSICA DE OERSTED

ANTECEDENTES

El electromagnetismo es la parte de la electricidad que estudia la relación entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos magnéticos. Los fenómenos eléctricos y magnéticos fueron considerados como independientes hasta 1820, cuando su relación fue descubierta por casualidad.

Así, hasta esa fecha el magnetismo y la electricidad habían sido tratados como fenómenos distintos y eran estudiados por ciencias diferentes. Sin embargo, esto cambió a partir del descubrimiento que realizó Hans Christian Oersted, observando que la aguja de una brújula variaba su orientación al pasar corriente a través de un conductor próximo a ella. Los estudios de Oersted sugerían que la electricidad y el magnetismo eran manifestaciones de un mismo fenómeno: las fuerzas magnéticas proceden de las fuerzas originadas entre cargas eléctricas en movimiento. (Endesa, 2016)



Resultado experimento Oersted – imagen obtenida de <http://matnifyqo.blogspot.com.es/>

CAMPO MAGNÉTICO CERCA DE UN CONDUCTOR RECTILÍNEO

EN AUSENCIA DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Tras comprobar medir con el magnetómetro MMIT se observa que no responde ante la proximidad de elementos metálicos o el conductor sin corriente.

Entre otros elementos metálicos se han acercado unas llaves y un destornillador.

Conclusión

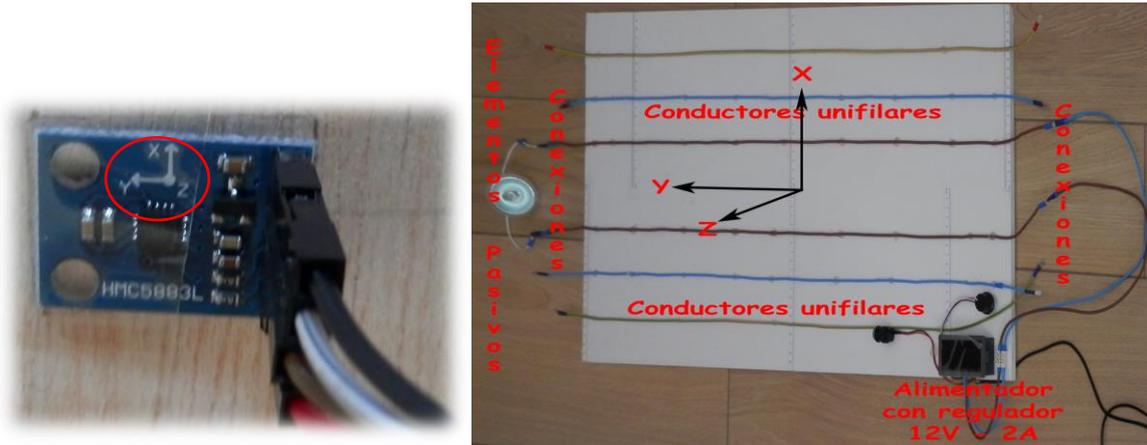
Esto permite concluir que pequeños metales sin corriente no generan campo magnético perceptible con una sensibilidad de $0,43\mu\text{T}$.

CIRCULANDO CORRIENTE EN ESE MISMO CONDUCTOR

Preparación

Como propuesta se decide realizar un ensayo con el banco de pruebas, ya que dispone de un cableado que permite combinar diferentes corrientes unifilares mediante el uso del potenciómetro.

Primero, se establecen unos ejes de coordenadas, que corresponden con los ejes marcados en la sonda, para poder tener un criterio único y poder interpretar los datos.



Igualmente se establece un criterio para la corriente en base a como se conecten la alimentación, se denominará Alimentación al cable de fase (x_f) y Retorno (x_n) para poder entender el sentido en el que circula la intensidad ya que la combinación del cableado da múltiples opciones que se deben tener en cuenta.

También se elige inicialmente como elemento pasivo una bombilla halógena de 50W con alimentación en Vdc de 12V regulable en tensión.

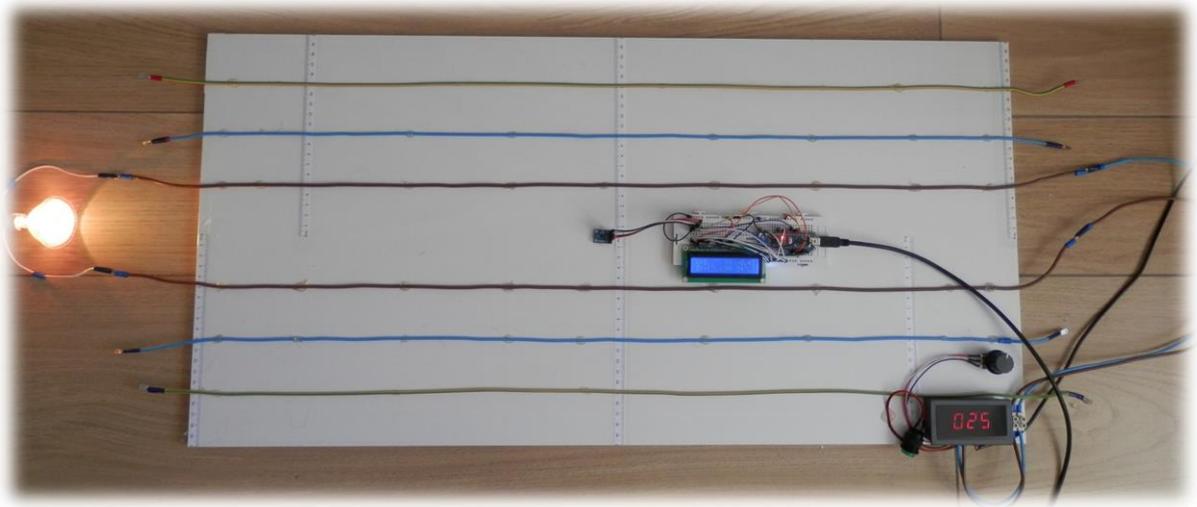
Para este primer ensayo se establece usar los conductores ubicados más cerca de la sonda para detectar mejor la posible respuesta siendo $x_f=5\text{cm}$ y $x_n=5\text{cm}$.



Ensayos

Ensayo 1

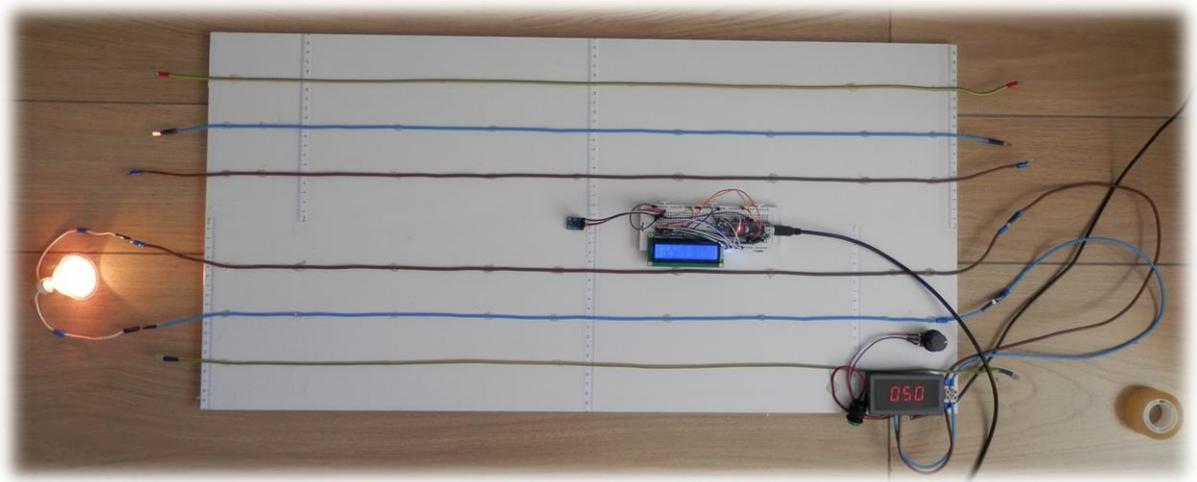
Tras el encendido de la fuente de alimentación al 50% se detecta inmediatamente una respuesta en la componente Z y ninguna en componentes X ó Y.



Ensayo 2

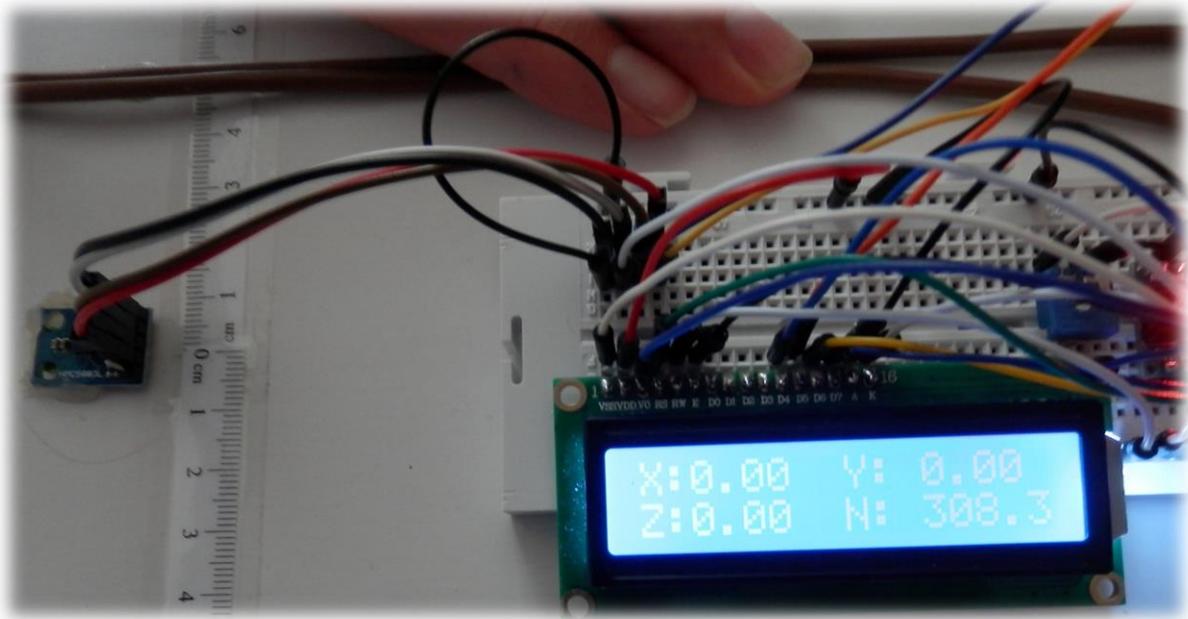
Se decide comprobar que ocurre con $x_n = 15 \text{ cm}$, se detecta un campo magnético pero de menor intensidad para la misma potencia (50).

Finalmente se propone, cambiar el retorno a $x_n = -10 \text{ cm}$, detectando un fuerte descenso en el campo pero continua existiendo para potencia (50).



Ensayo 3

Viendo este resultado se decide aprovechar la opción de que no haya distancia entre fase y neutro para lo que se emplea uno los cables sueltos que venían en el bastidor y se decide ensayar poniendo el $x_f = 5\text{cm} = x_n$



Conclusiones

Conclusión 1

La corriente que pasa por un conductor rectilíneo genera un campo magnético en el eje perpendicular al conductor, ya que solo aparecen variaciones en la componente Z.

Se puede predecir que su **comportamiento debe ser simétrico** a las dimensiones por las que circula la corriente.

Conclusión 2

Que el sentido de la corriente afecta al campo magnético inducido porque según se alejaban los conductores fase y neutro el campo se reducía.

Conclusión 3

Que el sentido de la corriente afecta al campo magnético inducido porque cuando se han puesto fase y neutro juntos el campo obtenido era nulo por lo tanto se anulaban uno al otro.

Contraste teórico

Según la teoría del electromagnetismo desarrollada en el siglo XIX, por científicos como Oersted, Biot Savart o Ampere, ya establecieron las leyes sobre los campos magnéticos inducidos.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{4 \cdot \pi} \oint \frac{u_t \cdot u_r}{r^2} dl$$

\vec{B} es el vector campo magnético existente en un punto P del espacio, u_t es un vector unitario cuya dirección es tangente al circuito y que **nos indica el sentido de la corriente** en la posición donde se encuentra el elemento dl . u_r es un vector unitario que señala la posición del punto P respecto del elemento de corriente, $\frac{\mu_0}{4 \cdot \pi} = 10^{-7} T \cdot m/A$ en el Sistema Internacional de Unidades.

Además hicieron una particularización para los campos magnéticos inducidos por un conductor rectilíneo que se obtiene la fórmula:

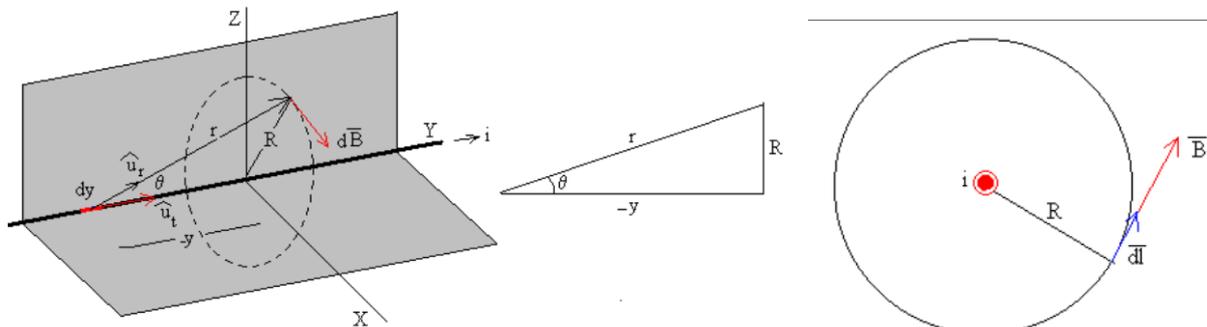


IMAGEN OBTENIDA DE http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_magnetico/ampere/ampere.htm

De la simplificación geométrica se obtiene:

$$|B| = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

Siendo $|B|$ el módulo del campo magnético inducido, μ_0 la permeabilidad magnética del medio ($1,256 \mu T \cdot m/A$), I la intensidad de corriente que circula por el conductor y R la distancia al conductor.

Conclusión

Parece que las tres hipótesis establecidas responden a las leyes del electromagnetismo.

COMPROBACIÓN EXPERIMENTAL LEY DE AMPERE EN UN CONDUCTOR RECTILÍNEO

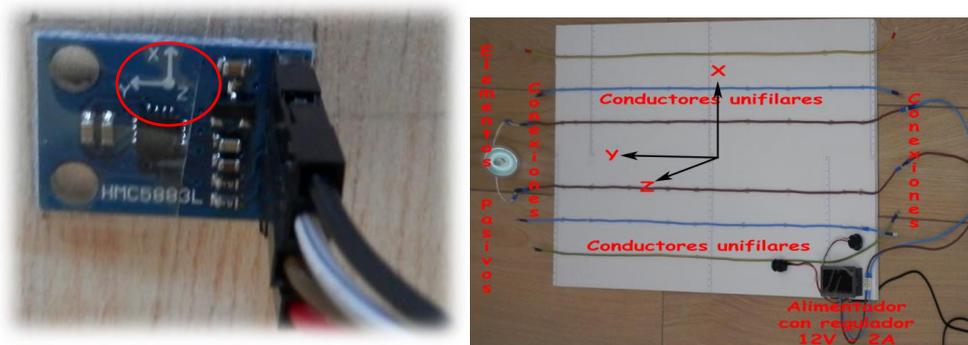
INTRODUCCIÓN

Tras el contraste teórico realizado en el apartado anterior, cabe comprobar validar experimentalmente las fórmulas de corriente inducida para una corriente rectilínea.

Partiendo de la fórmula, podemos predecir que las variables independientes serán:

- Las distintas **intensidades de corriente** que recorran los conductores cercanos.
- La **distancia** de esos conductores.
- La **geometría**, refiriéndose a la configuración respecto de la sonda.

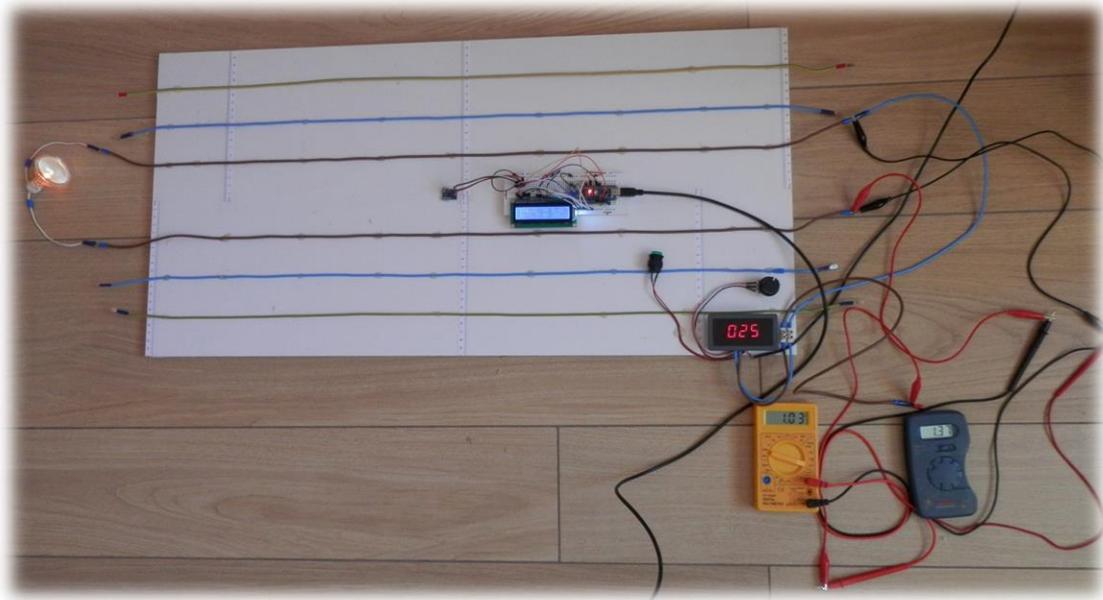
Para poder operar de forma sencilla se tomarán los mismo preparativos que en la práctica previa, tanto en ejes de referencia como elemento pasivo de consumo **la bombilla halógena**.



Teniendo en cuenta **la simplificación geométrica realizada por ser un conductor rectilíneo**, vista en la conclusión teórica anterior, para facilitar el ensayo y resultados se trabajará en todo momento sobre **el plano de trabajo que nos ofrece el banco de experimentación**.

ENSAYOS

Para este ensayo es necesario, no solo tener un regulador de tensión, también se debe cuantificar la Intensidad en Amperios, para ello se deberá colocar **un amperímetro en serie a la salida del potenciómetro** y si se desea **un voltímetro en paralelo a la salida y entrada de la fuente de alimentación**.



El voltímetro no debiera tener importancia pero en la experimentación siempre es bueno recoger el mayor número de datos porque no solo se puede descubrir algo nuevo, sino también puede permitirte detectar algún otro fallo.

VARIANDO LA INTENSIDAD

Para este caso, se fijarán la distancia R que denominamos x_f y x_n gracias a la simplificación geométrica en sus dos sentidos fase y neutro. Obteniendo, en un rango de 0A a 2A, máximo que ofrece la fuente:

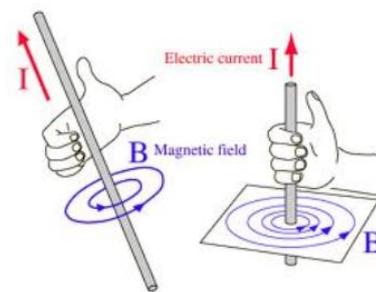
Medido									Teorico							Desviación	
x_f [m]	x_n [m]	I [A]	V [V]	R [Ω]	Bx [μ T]	By [μ T]	Bz [μ T]	B [μ T]	en fase			en neutro			Total		
					Bx [μ T]	By [μ T]	Bz [μ T]	B [μ T]	Bx [μ T]	By [μ T]	Bz [μ T]	Bx [μ T]	By [μ T]	Bz [μ T]	Bz [μ T]	B [μ T]	
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0,00	0	0,00%
-0,05	0,05	0,3	0,1	0,40	0,00	0,00	-3,48	3,48	0	0	-1,00	0	0	-1,00	-2,00	2,00	74,09%
-0,05	0,05	0,5	0,4	0,80	0,00	0,00	-6,52	6,52	0	0	-2,00	0	0	-2,00	-4,00	4,00	63,08%
-0,05	0,05	0,8	0,85	1,13	0,00	0,00	-9,57	9,57	0	0	-3,00	0	0	-3,00	-6,00	6,00	59,58%
-0,05	0,05	1	1,32	1,32	0,00	0,43	-9,13	9,14	0	0	-4,00	0	0	-4,00	-8,00	8,00	14,31%
-0,05	0,05	1,3	1,81	1,45	0,00	0,00	-10,00	10,00	0	0	-5,00	0	0	-5,00	-9,99	9,99	0,05%
-0,05	0,05	1,5	2,33	1,55	0,00	0,00	-13,04	13,04	0	0	-6,00	0	0	-6,00	-11,99	11,99	8,72%
-0,05	0,05	1,8	2,88	1,65	0,00	0,00	-15,22	15,22	0	0	-7,00	0	0	-7,00	-13,99	13,99	8,77%
-0,05	0,05	2	3,12	1,56	0,00	0,00	-16,52	16,52	0	0	-8,00	0	0	-8,00	-15,99	15,99	3,30%

*R se calcula con la ley de Ohm

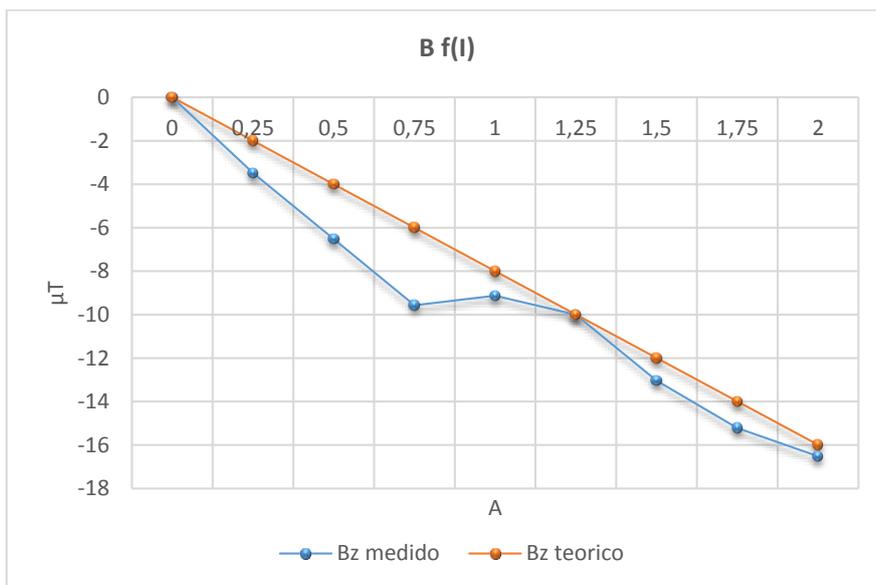
La B teórica se calcula aplicando la fórmula vista:

$$|B| = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

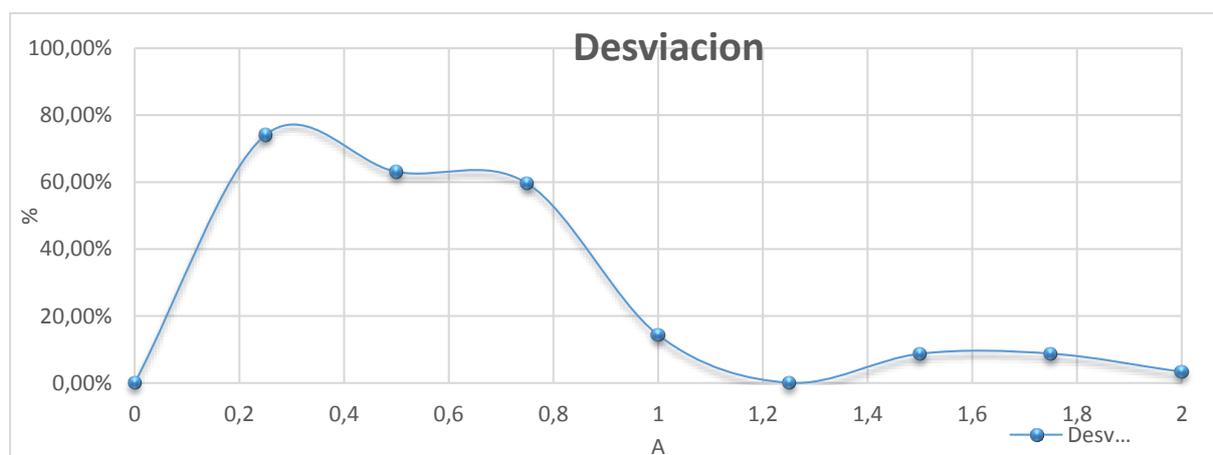
Es necesario mencionar que hay dos campos inducidos por la fase y el neutro, por lo tanto debe ser tenido en cuenta para todos los cálculos. En la medición se obtienen la resultante pero en los cálculos teóricos deben tenerse en cuenta con su signo (regla de la *mano derecha*).



Para poder percibir de mejor forma los resultados se representan gráficamente:

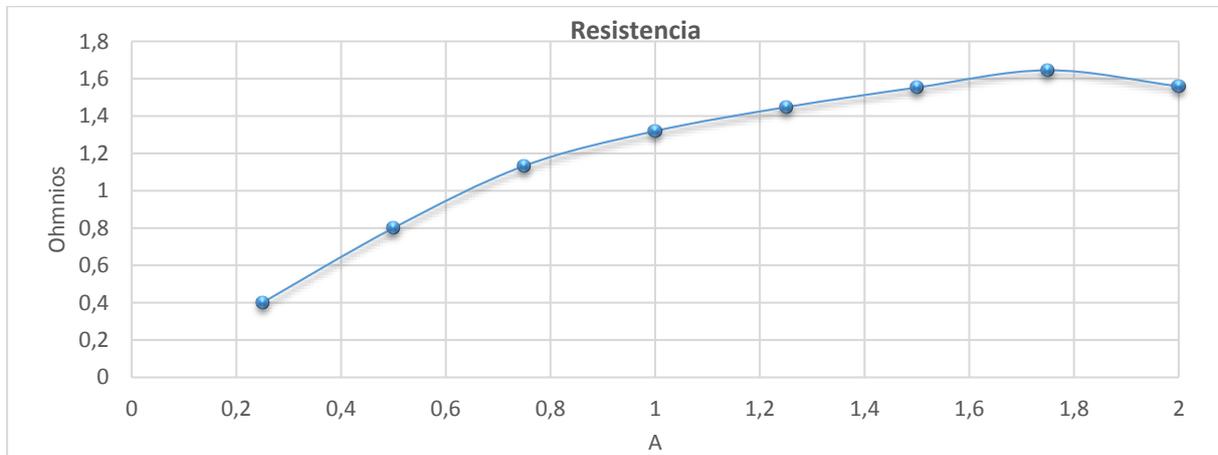


Viendo que hay una desviación en los valores de intensidad más bajos respecto a la teórica se grafica la desviación.



Se puede apreciar como las desviaciones importantes se encuentran en los valores de amperaje menor de 1A. Tras un estudio detallado viendo posibles razones que podrían ser:

- La **sensibilidad del sensor**, que podría afectar porque en valores de B de $3,48\mu\text{T}$ la sensibilidad es un 12% pero no explicaría la desviación del 74% marcada.
- El consumo del elemento pasivo, lámpara halógena, **para analizarlo se puede estudiar su comportamiento como impedancia** obteniendo:



Se puede ver, que además de no cumplir la ley de Ohm, en el rango de funcionamiento por debajo de 1A tiene un comportamiento desigual lo cual puede inducir corrientes diferentes a las medidas con el amperímetro.

Se puede considerar por lo tanto que los valores medidos por debajo de 1A para esta lámpara pueden ser la causa de la desviación entre el campo magnético medido y el calculado.

Se propone como estudio, **usar un elemento pasivo distinto del tipo de bombilla de LED**, pero el resultado es inverso, la lámpara de LED no soporta más de 1A de corriente no pudiendo completar tampoco el estudio.

Conclusión

Las medidas del campo magnético responden de forma lineal y según la fórmula teórica, como era de esperar, y con unas tolerancias dentro del rango de trabajo de 1 a 2 Amperio muy aceptables.

También se comprueba, gracias a que solo aparece componente en Z, las líneas del campo magnético **son anulares respecto del conductor**.

VARIANDO LA DISTANCIA DE FORMA SIMÉTRICA

Se deben tener en cuenta todas las indicaciones y preparativos de apartados anteriores.

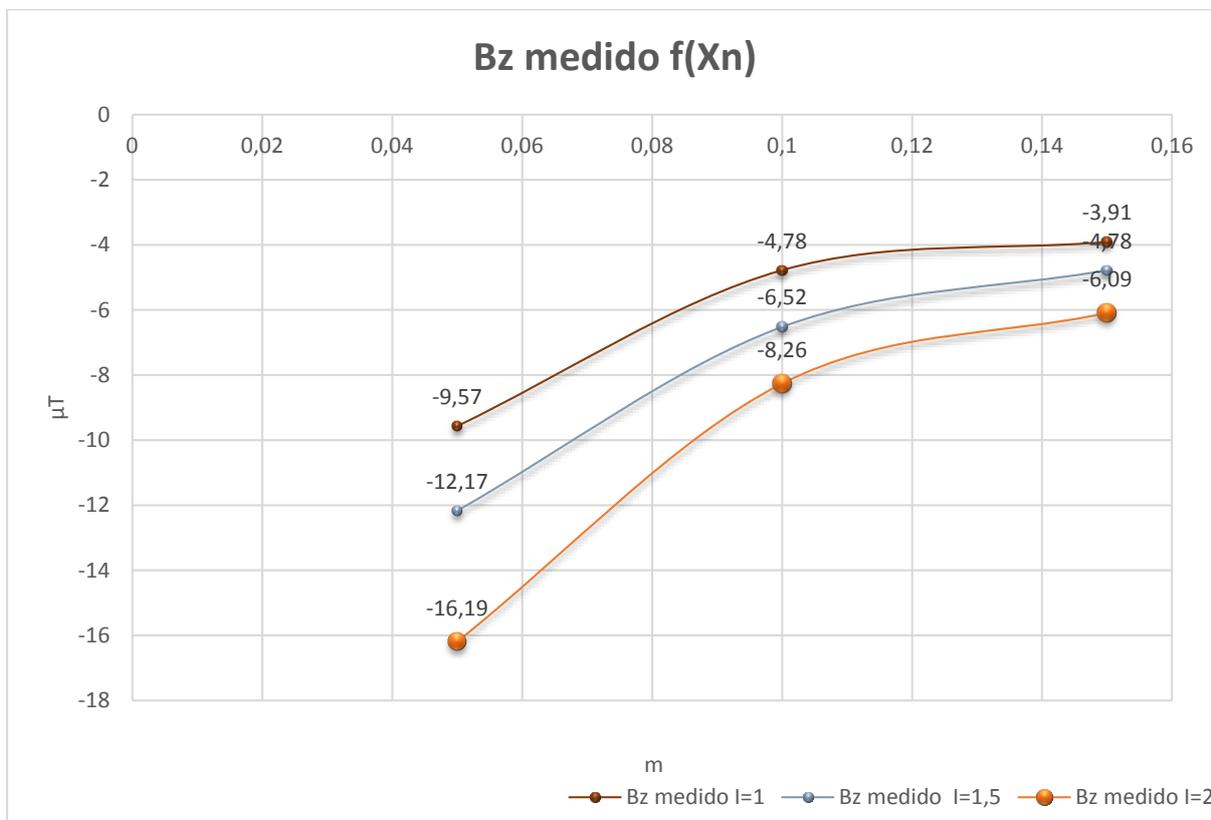
Los resultados obtenidos se componen de tres experiencias, la primera es la realizada en el apartado anterior y ahora hay dos nuevas:

Medido									Teorico								Desviación
x_f [m]	x_n [m]	I [A]	V [V]	R [Ω]	Bx [μT]	By [μT]	Bz [μT]	B [μT]	en fase			en neutro			Total		
									Bx [μT]	By [μT]	Bz [μT]	Bx [μT]	By [μT]	Bz [μT]	Bz [μT]	B [μT]	
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0,00	0	0,00%
-0,05	0,05	0,25	0,1	0,40	0,00	0,00	-3,48	3,48	0	0	-1,00	0	0	-1,00	-2,00	2,00	74,09%
-0,05	0,05	0,5	0,44	0,88	0,00	0,00	-6,52	6,52	0	0	-2,00	0	0	-2,00	-4,00	4,00	63,08%
-0,05	0,05	0,75	0,86	1,15	0,43	0,00	-8,26	8,27	0	0	-3,00	0	0	-3,00	-6,00	6,00	37,92%
-0,05	0,05	1	1,31	1,31	0,43	0,00	-9,57	9,58	0	0	-4,00	0	0	-4,00	-8,00	8,00	19,81%
-0,05	0,05	1,25	1,81	1,45	0,43	0,00	-9,13	9,14	0	0	-5,00	0	0	-5,00	-9,99	9,99	-8,55%
-0,05	0,05	1,5	2,33	1,55	0,43	0,00	-12,17	12,18	0	0	-6,00	0	0	-6,00	-11,99	11,99	1,53%
-0,05	0,05	2	3,09	1,55	0,43	0,43	-16,19	16,20	0	0	-8,00	0	0	-8,00	-15,99	15,99	1,31%
-0,1	0,1	0,25	0,09	0,36	0,00	0,43	-2,17	2,21	0	0	-0,50	0	0	-0,50	-1,00	1,00	121,33%
-0,1	0,1	0,5	0,41	0,82	0,00	0,43	-3,48	3,51	0	0	-1,00	0	0	-1,00	-2,00	2,00	75,41%
-0,1	0,1	0,75	0,82	1,09	0,00	0,43	-4,35	4,37	0	0	-1,50	0	0	-1,50	-3,00	3,00	45,78%
-0,1	0,1	1	1,29	1,29	0,00	0,43	-4,78	4,80	0	0	-2,00	0	0	-2,00	-4,00	4,00	20,04%
-0,1	0,1	1,25	1,79	1,43	0,00	0,43	-4,78	4,80	0	0	-2,50	0	0	-2,50	-5,00	5,00	-3,97%
-0,1	0,1	1,5	2,3	1,53	0,00	0,43	-6,52	6,53	0	0	-3,00	0	0	-3,00	-6,00	6,00	8,96%
-0,1	0,1	2	3,09	1,55	0,00	0,43	-8,26	8,27	0	0	-4,00	0	0	-4,00	-8,00	8,00	3,44%
-0,15	0,15	0,25	0,09	0,36	-0,43	0,00	-1,30	1,37	0	0	-0,33	0	0	-0,33	-0,67	0,67	105,49%
-0,15	0,15	0,5	0,41	0,82	-0,43	0,00	-2,17	2,21	0	0	-0,67	0	0	-0,67	-1,33	1,33	66,00%
-0,15	0,15	0,75	0,84	1,12	-0,43	0,00	-2,61	2,65	0	0	-1,00	0	0	-1,00	-2,00	2,00	32,33%
-0,15	0,15	1	1,33	1,33	-0,43	0,00	-3,91	3,48	0	0	-1,33	0	0	-1,33	-2,67	2,67	30,57%
-0,15	0,15	1,25	1,81	1,45	-0,43	0,00	-3,48	3,51	0,00	0,00	-1,67	0,00	0,00	-1,67	-3,33	3,33	5,25%
-0,15	0,15	1,5	2,32	1,55	-0,43	0,00	-4,78	4,80	0,00	0,00	-2,00	0,00	0,00	-2,00	-4,00	4,00	20,04%
-0,15	0,15	2	3,06	1,53	-0,43	0,00	-6,09	6,11	0,00	0,00	-2,67	0,00	0,00	-2,67	-5,33	5,33	14,53%

Si se toman los valores de trabajo que con este elemento pasivo lográbamos mejores valores entre 1A y 2A.

Medido									Teorico									Desviación
x_f [m]	x_n [m]	I [A]	V [V]	R [Ω]	B_x [μT]	B_y [μT]	B_z [μT]	B [μT]	en fase			en neutro			Total			
									B_x [μT]	B_y [μT]	B_z [μT]	B_x [μT]	B_y [μT]	B_z [μT]	B_z [μT]	B [μT]		
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0,00	0	0,00%	
-0,05	0,05	1	1,31	1,31	0,43	0	-9,57	9,58	0	0	-3,998	0	0	-3,998	-8,00	7,996	19,81%	
-0,1	0,1	1	1,29	1,29	0	0,43	-4,78	4,799	0	0	-1,999	0	0	-1,999	-3,998	3,998	20%	
-0,15	0,15	1	1,33	1,33	-0,43	0	-3,91	3,48	0	0	-1,333	0	0	-1,3327	-2,6653	2,665	31%	
-0,05	0,05	1,5	2,33	1,55	0,43	0	-12,17	12,18	0	0	-5,997	0	0	-5,997	-11,99	11,99	1,53%	
-0,1	0,1	1,5	2,3	1,53	0	0,43	-6,52	6,534	0	0	-2,998	0	0	-2,9985	-5,997	5,997	9%	
-0,15	0,15	1,5	2,32	1,54	-0,43	0	-4,78	4,799	0	0	-1,999	0	0	-1,999	-3,998	3,998	20%	
-0,05	0,05	2	3,09	1,54	0,43	0,43	-16,19	16,2	0	0	-7,996	0	0	-7,9959	-15,99	15,99	1,31%	
-0,1	0,1	2	3,09	1,54	0	0,43	-8,26	8,271	0	0	-3,998	0	0	-3,998	-7,9959	7,996	3%	
-0,15	0,15	2	3,06	1,53	-0,43	0	-6,09	6,105	0	0	-2,665	0	0	-2,6653	-5,3306	5,331	15%	

Graficando estos resultados se obtienen:



Conclusiones

Se observa como el comportamiento es acorde a los esperado respondiendo el módulo inversamente proporcional a la distancia.

$$|B| = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

VARIANDO LA GEOMETRÍA ASIMETRÍA

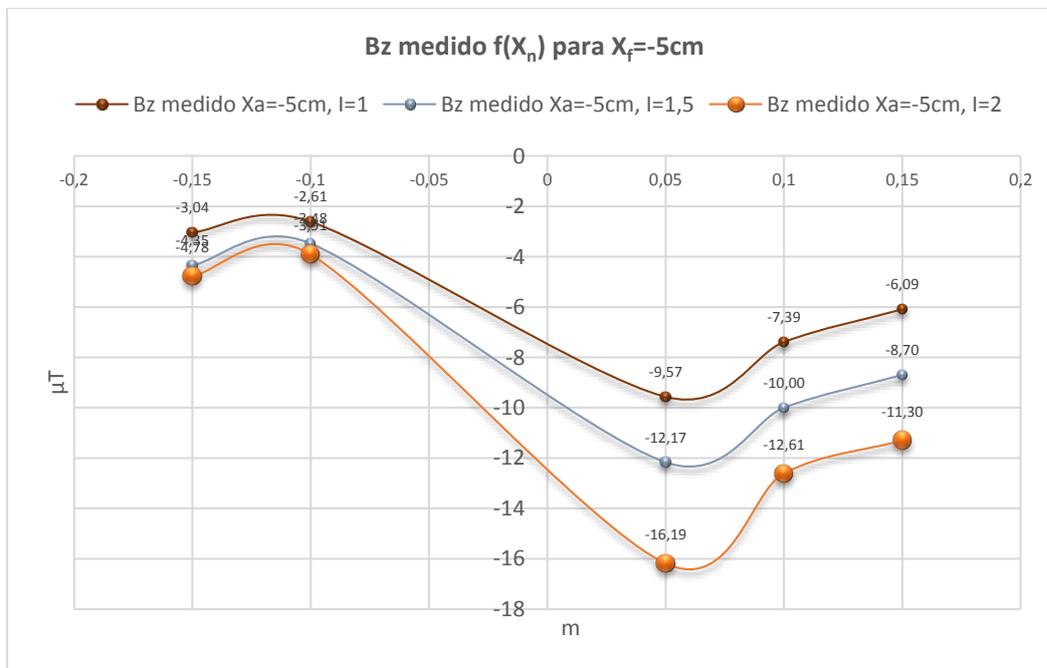
Para poder analizar **el comportamiento vectorial** del campo inducido se va a realizar la experiencia siendo no simétrico para confirmar que se trata de un campo vectorial, resultante de todos los inducidos y que responden a la regla de la mano derecha,

Medido									Teorico									Desviación
x_f [m]	x_n [m]	I [A]	V [V]	R [Ω]	Bx [μT]	By [μT]	Bz [μT]	B [μT]	en fase			en neutro			Total			
									Bx [μT]	By [μT]	Bz [μT]	Bx [μT]	By [μT]	Bz [μT]	Bz [μT]	B [μT]		
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0,00	0	0,00%	
-0,1	0,05	0,25	0,09	0,36	-0,43	-0,43	-2,61	2,68	0	0	-0,50	0	0	-1,00	-1,50	1,50	78,75%	
-0,1	0,05	0,5	0,4	0,80	-0,43	-0,43	-5,22	5,26	0	0	-1,00	0	0	-2,00	-3,00	3,00	75,27%	
-0,1	0,05	0,75	0,83	1,11	-0,87	-0,43	-6,52	6,59	0	0	-1,50	0	0	-3,00	-4,50	4,50	46,56%	
-0,1	0,05	1	1,31	1,31	-0,43	0,00	-7,39	7,40	0	0	-2,00	0	0	-4,00	-6,00	6,00	23,44%	
-0,1	0,05	1,25	1,82	1,46	-0,43	0,00	-7,39	7,40	0	0	-2,50	0	0	-5,00	-7,50	7,50	-1,25%	
-0,1	0,05	1,5	2,32	1,55	-0,43	0,00	-10,00	10,01	0	0	-3,00	0	0	-6,00	-9,00	9,00	11,27%	
-0,1	0,05	2	3,08	1,54	-0,43	0,00	-12,17	12,18	0	0	-4,00	0	0	-8,00	-11,99	11,99	1,53%	
-0,15	0,05	0,25	0,09	0,36	-0,43	0,00	-2,17	2,21	0	0	-0,33	0	0	-1,00	-1,33	1,33	66,00%	
-0,15	0,05	0,5	0,39	0,78	-0,43	0,00	-4,78	4,80	0	0	-0,67	0	0	-2,00	-2,67	2,67	80,07%	
-0,15	0,05	0,75	0,83	1,11	-0,43	0,00	-5,65	5,67	0	0	-1,00	0	0	-3,00	-4,00	4,00	41,73%	
-0,15	0,05	1	1,33	1,33	-0,43	0,00	-6,09	6,11	0	0	-1,33	0	0	-4,00	-5,33	5,33	14,53%	
-0,15	0,05	1,25	1,85	1,48	-0,43	0,00	-6,52	6,53	0	0	-1,67	0	0	-5,00	-6,66	6,66	-1,94%	
-0,15	0,05	1,5	2,34	1,56	-0,43	0,00	-9,13	9,14	0	0	-2,00	0	0	-6,00	-8,00	8,00	14,31%	
-0,15	0,05	2	3,15	1,58	-0,43	0,00	-11,30	11,31	0	0	-2,67	0	0	-8,00	-10,66	10,66	6,07%	
-0,05	-0,1	0,25	0,09	0,36	-0,43	0,00	0,87	0,97	0	0	-1,00	0	0	0,50	-0,50	0,50	94,19%	
-0,05	-0,1	0,5	0,42	0,84	-0,43	-0,43	1,74	1,84	0	0	-2,00	0	0	1,00	-1,00	1,00	84,41%	
-0,05	-0,1	0,75	0,86	1,15	-0,43	-0,43	2,17	2,25	0	0	-3,00	0	0	1,50	-1,50	1,50	50,32%	
-0,05	-0,1	1	1,31	1,31	-0,43	0,00	2,61	2,65	0	0	-4,00	0	0	2,00	-2,00	2,00	32,33%	
-0,05	-0,1	1,25	1,79	1,43	-0,43	0,00	3,04	3,07	0	0	-5,00	0	0	2,50	-2,50	2,50	22,87%	
-0,05	-0,1	1,5	2,31	1,54	-0,43	0,00	3,48	3,51	0	0	-6,00	0	0	3,00	-3,00	3,00	16,94%	
-0,05	-0,1	2	3,08	1,54	-0,43	0,00	3,91	3,93	0	0	-8,00	0	0	4,00	-4,00	4,00	-1,61%	
-0,05	-0,15	0,25	0,07	0,28	-0,43	0,00	1,30	1,37	0	0	-1,00	0	0	0,33	-0,67	0,67	105%	
-0,05	-0,15	0,5	0,28	0,56	-0,43	0,00	2,17	2,21	0	0	-2,00	0	0	0,67	-1,33	1,33	66,00%	
-0,05	-0,15	0,75	0,84	1,12	-0,43	0,00	3,04	3,07	0	0	-3,00	0	0	1,00	-2,00	2,00	53,59%	
-0,05	-0,15	1	1,29	1,29	-0,43	0,00	3,04	3,07	0	0	-4,00	0	0	1,33	-2,67	2,67	15,19%	
-0,05	-0,15	1,25	1,79	1,43	-0,43	0,00	3,48	3,51	0	0	-5,00	0	0	1,67	-3,33	3,33	5,25%	
-0,05	-0,15	1,5	2,31	1,54	-0,43	0,00	4,35	4,37	0	0	-6,00	0	0	2,00	-4,00	4,00	9,34%	
-0,05	-0,15	2	3,08	1,54	-0,43	0,00	4,78	4,80	0	0	-8,00	0	0	2,67	-5,33	5,33	-9,97%	

Extrayendo de nuevo sobre los valores más importantes obtenemos en el rango de trabajo establecido para la lámpara halógena:

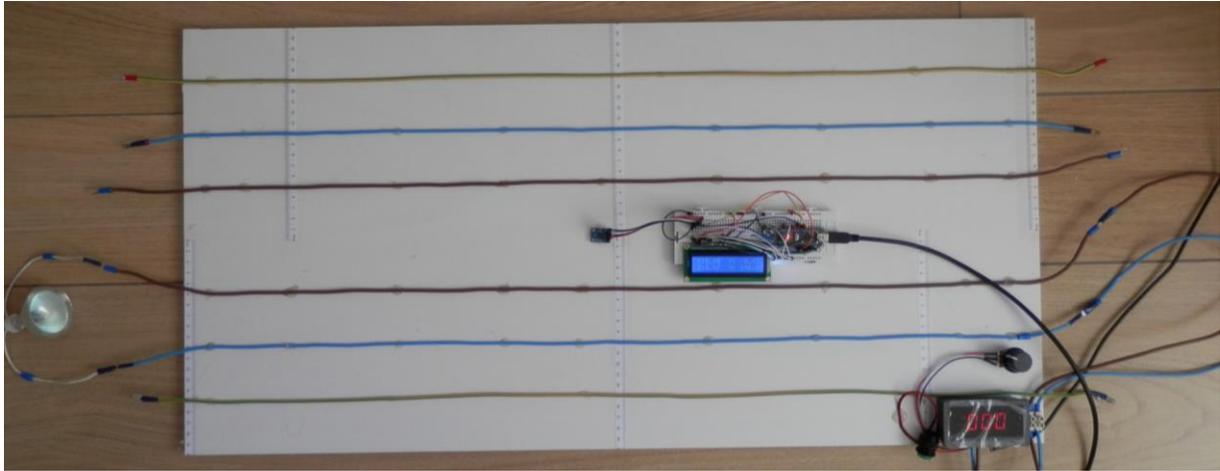
Medido									Teorico								Desviación
									en fase			en neutro			Total		
x_f [m]	x_n [m]	I [A]	V [V]	R [Ω]	Bx [μ T]	By [μ T]	Bz [μ T]	B [μ T]	Bx [μ T]	By [μ T]	Bz [μ T]	Bx [μ T]	By [μ T]	Bz [μ T]	Bz [μ T]	B [μ T]	Desviación
0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0,00	0	0,00%
-0,05	-0,15	1	1,29	1,29	-0,43	0,00	-3,04	3,07	0	0	-4,00	0	0	1,33	-2,67	2,67	15,19%
-0,05	-0,1	1	1,31	1,31	-0,43	0,00	-2,61	2,65	0	0	-4,00	0	0	2,00	-2,00	2,00	32,33%
-0,05	0,05	1	1,31	1,31	0,43	0,00	-9,57	9,58	0	0	-4,00	0	0	-4,00	-8,00	8,00	19,81%
-0,05	0,1	1	1,29	1,29	-0,43	0,43	-7,39	7,41	0	0	-4,00	0	0	-2,00	-6,00	6,00	23,65%
-0,05	0,15	1	1,32	1,32	0,43	0,43	-6,09	6,12	0	0	-4,00	0	0	-1,33	-5,33	5,33	14,81%
-0,05	-0,15	1,5	2,31	1,54	-0,43	0,00	-4,35	4,37	0	0	-6,00	0	0	2,00	-4,00	4,00	9,34%
-0,05	-0,1	1,5	2,31	1,54	-0,43	0,00	-3,48	3,51	0	0	-6,00	0	0	3,00	-3,00	3,00	16,94%
-0,05	0,05	1,5	2,33	1,55	0,43	0,00	-12,17	12,18	0	0	-6,00	0	0	-6,00	-11,99	11,99	1,53%
-0,05	0,1	1,5	2,31	1,54	-0,43	0,43	-10,00	10,02	0	0	-6,00	0	0	-3,00	-9,00	9,00	11,37%
-0,05	0,15	1,5	2,29	1,53	0,43	0,43	-8,70	8,72	0	0	-6,00	0	0	-2,00	-8,00	8,00	9,07%
-0,05	-0,15	2	3,08	1,54	-0,43	0,00	-4,78	4,80	0	0	-8,00	0	0	2,67	-5,33	5,33	-9,97%
-0,05	-0,1	2	3,08	1,54	-0,43	0,00	-3,91	3,93	0	0	-8,00	0	0	4,00	-4,00	4,00	-1,61%
-0,05	0,05	2	3,09	1,55	0,43	0,43	-16,19	16,20	0	0	-8,00	0	0	-8,00	-15,99	15,99	1,31%
-0,05	0,1	2	3,08	1,54	0,00	0,43	-12,61	12,62	0	0	-8,00	0	0	-4,00	-11,99	11,99	5,20%
-0,05	0,15	2	3,06	1,53	0,43	0,43	-11,30	11,32	0	0	-8,00	0	0	-2,67	-10,66	10,66	6,14%

Que graficado representa:



Conclusión

Como era de esperar, cuando ambos conductores están en el mismo lado respecto a la sonda, **uno neutraliza al otro**.



En cambio, cuando están a distintos lados, ambos suman en la resultante del campo inducido. En cambio, la reducción del campo magnético solo se debe al alejamiento de los conductores.

AMPLIACIONES DE INVESTIGACIÓN

Dentro de las ampliaciones voluntarias se han realizado los siguientes ensayos:

AMPLIACIÓN DEL RANGO DE ESTUDIO, EL ELEMENTO DE CONSUMO (PASIVO)

A consecuencia de los problemas vistos en los rangos de trabajo, con la intensidad por debajo de 1A, se probó con una lámpara LED pero no permitió realizar el ensayo completo porque en este caso dicha lámpara no funcionaba por encima de 1,1A no permitiendo un estudio con valores altos de intensidad y por lo tanto de campo magnético.

Por desgracia, no se pudo encontrar un elemento pasivo que **ofreciera un comportamiento fiable**.

BUSCAR MATERIALES AISLANTES DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Se han realizado varias pruebas buscando materiales **que aislasen o anulasen el campo magnético inducido**.

La forma de ensayo era buscar materiales al alcance que envolvieran al conductor o la sonda no logrando un buen resultado con los materiales empleados:

- Libros.
- Planchas de plástico PVC.
- Una plancha de aluminio.

Según la bibliografía consultada, lograr este material, **sería un éxito porque hasta ahora no se ha encontrado ningún material que logre este aislamiento**. Lo más similar serían los diamagnéticos que se oponen a ellos pero no lo anulan.

BIBLIOGRAFÍA

- Adafruit. (15 de 05 de 2016). *ADAFRUIT - Manual de programación en ARDUINO*. Obtenido de <https://learn.adafruit.com/adafruit-hmc5883l-breakout-triple-axis-magnetometer-compass-sensor/wiring-and-test>
- Arduino. (21 de 06 de 2016). *Arduino Official Web*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>
- Endesa. (30 de 06 de 2016). *EndesaEduca recursos interactivos*. Obtenido de http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/iv.-electromagnetismo
- Franco García , Á. (01 de 07 de 2016). *Física con Ordenador*. Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
- Institutos Diocesanos de las Palmas. (26 de 06 de 2016). *Plataforma de recursos didácticos*. Obtenido de <http://matnifyqo.blogspot.com.es/>
- Romero, F. M. (2016). *Temario Física 2º Bachillerato*. Recuperado el 2016, de Apuntes, escritos y Ensayo Científicos: <http://www.esritoscientificos.es/apunfisi/inicio.htm>