

# Determinación de la Temperatura de Curie del Monel 400

## Modificación de la práctica de Ferromagnetismo (Verano 2012)

Los materiales ferromagnéticos, a temperaturas menores a la llamada temperatura de Curie o  $T_c$ , presentan una estructura de dominios, que determina la existencia de una magnetización espontánea,  $M_e$ . En ausencia de campo magnético los dipolos del material se encuentran orientados de forma aleatoria cancelándose así los efectos magnéticos microscópicos. Al someter un material ferromagnético a un campo magnético intenso, los dominios tienden a alinearse con éste, de forma que aquellos dominios en los que los dipolos están orientados con el mismo sentido y dirección, aumentan su tamaño. Al remover este campo los materiales no vuelven a su estado inicial, si no que permanecen con una magnetización remanente  $M_s$ . Esta magnetización  $M_s$  depende de la temperatura del metal, anulándose para temperaturas mayores a las temperaturas de Curie o  $T_c$ . Para temperaturas menores a  $T_c$  la magnetización remanente viene dada por la ecuación 1.

$$M_s \propto (T - T_c)^\beta \quad (1)$$

donde  $\beta$  es un parámetro del orden 0.3 a 0.4,  $T$  es la temperatura a la que está sometido el material y  $T_c$  es la temperatura de Curie correspondiente al mismo.

Para observar la curva de histéresis se van a relacionar el campo magnético inducido  $B$  en el material y el campo magnético aplicado  $H$ . Para determinar el campo magnético inducido  $B$  se utiliza la ley de Faraday - Lenz de la ecuación 2.

$$\varepsilon = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (2)$$

donde  $N_2$  es el número de vueltas de la bobina,  $\Phi_B$  es el flujo magnético y  $\varepsilon$  la fem inducida.

## Dispositivo experimental

Consiste en un bobinado primario dentro del cual se colocan dos bobinados secundarios  $S_1$  y  $S_2$  conectados entre si en serie y en contrafase (por que en contrafase?). El conjunto de bobinas forman el primario y secundario de un "transformador" denominado diferencial, como se esquematiza en la Fig. 1.

La muestra de Monel,  $M$ , cuya respuesta magnética se quiere medir se coloca en  $S_1$ . La muestra tiene en estrecho contacto térmico una resistencia comercial de platino  $R_{Pt}$  (denominada  $R_{PT100}$ ) cuya resistencia se medirá a 4 terminales para determinar la temperatura de la muestra ( Como determina  $T$ ? que ventaja tiene la medición de una  $R$  a 4 terminales?).

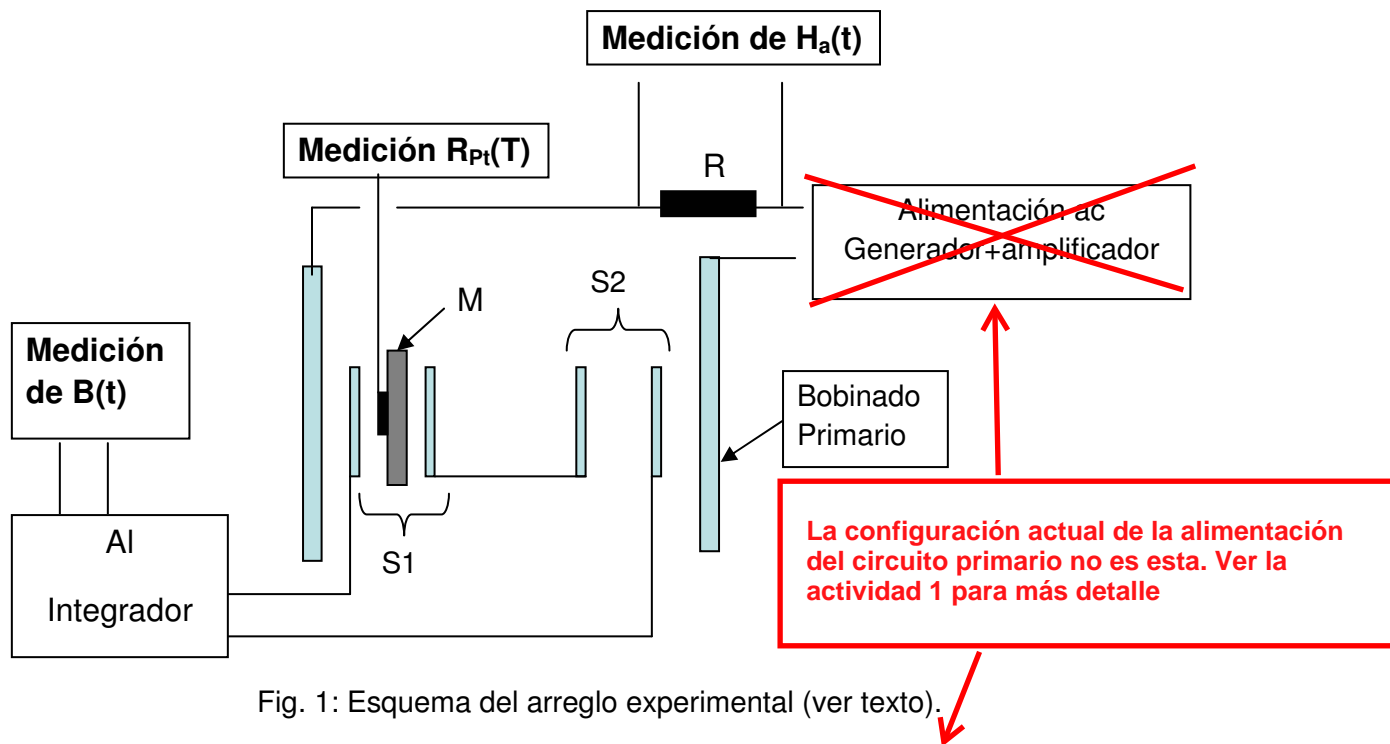


Fig. 1: Esquema del arreglo experimental (ver texto).

El primario se alimenta con un generador de funciones cuya salida es amplificada con un amplificador de potencia para generar un campo alterno  $H_a(t)$  que lleve a la muestra a saturación (por que hay que amplificar con un amplificador de potencia?). Para medir una señal  $V_1(t)$  proporcional a  $H_a(t)$  se dispone de una resistencia conocida conectada en serie con el bobinado primario y se mide la caída de tensión sobre ésta (justifique).

Integrando la señal del secundario se obtiene una señal  $V_2(t)$  proporcional a  $B(t)$  (porque hay que integrar?), de modo que se puede observar la figura del ciclo de histéresis  $B(H)$  en un osciloscopio midiendo las señales  $V_1(t)$  y  $V_2(t)$  en los dos canales.

Para medir simultáneamente  $V_1(t)$ ,  $V_2(t)$  y  $R_{Pt}$  se recomienda utilizar la tarjeta Sensor DAQ y tomar las tres señales utilizando los tres canales. De este modo podrá reconstruir los lazos de histéresis a diferentes temperaturas. Inicialmente se sumerge la muestra en nitrógeno líquido (77 K) y se la introduce fría en el núcleo de S1 midiendo las señales a medida que la muestra adquiere T ambiente.

## Bibliografía

- 1) P. Feynman, R. B. Leighton y M. Sands, The Feynman Lectures on Physics, Vol. 2, ed. Bilingüe
- 2) [http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura\\_de\\_curie](http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_curie)
- 3) C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 6
- 4) <http://calplasticsandmetals.com/monel.htm>
- 5) Yaakov Kraftmakher, Am. J. Phys. 73, 1191 (2005)