

# ESTUDIO DINÁMICO DE LA PROPAGACIÓN DE FRENTE EN MEDIOS MAGNÉTICOS

Rónald Rivas Suárez<sup>1</sup>

Departamento de Física y Matemática. Universidad Nacional Experimental  
Francisco de Miranda. Coro, Venezuela

## Abstract

Se estudia la dinámica de la magnetización de una cinta magnética plana, como un sistema autónomo de dos ecuaciones diferenciales de primer orden, con el objeto de poder representar en el plano de fases el comportamiento de las soluciones y del sistema a lo largo del tiempo. Se calcularon las soluciones para diferentes valores del campo magnético externo aplicado y se grafican y analizan varias soluciones de la ecuación, que incluyen órbitas periódicas, decaimiento hacia atractores y órbitas amortiguadas. Estos comportamientos están relacionados con soluciones previamente reportados en la literatura, como los frentes de ondas y las oscilaciones armónicas.

**Palabras Clave:** medios magnéticos, sistema dinámico, propagación.

# DYNAMICAL STUDY OF FRONT PROPAGATION IN MAGNETIC MEDIA

## Abstract

The dynamics of the magnetization of a flat magnetic tape studies, like an autonomous system of two equations differentials of first order, with the objective to show the solutions and the temporal evolution of the systems in the phase plane. The solutions for different values from the applied external magnetic field was calculate and was graphic several solutions of the equation, that they include periodic orbit, decay to attractor and damped orbit. These behaviors are related to solutions previously reported in literature, like the fronts of waves and the harmonic oscillations.

**Key Words:** magnetics media, dynamical systems, propagation.

---

1      rsael@correo.unefm.edu.ve

## 1 Introducción

Los estudios referidos a materia condensada son una de las áreas de mayor interés tecnológico actualmente, fundamentalmente por sus aplicaciones en la fabricación de componentes y dispositivos de memoria. El proceso de grabación de la información se basa en el alineamiento del vector magnetización con los campos aplicados

En el proceso de alineamiento, se produce la propagación de diferentes señales dentro del material magnético como consecuencia de la perturbación aplicada, cuya forma depende de las características del medio magnético estudiado. Diversos trabajos se han desarrollado en el ánimo de comprender estas propagaciones, tanto experimentales [Baltz et al., 2005] como aproximaciones teóricas [D'Aquino, 2004] y numéricas [Fermin et al., 2003]. En este trabajo se hace un estudio de la propagación de señales a lo largo de una cinta magnética plana utilizando la teoría de sistemas dinámicos desarrollada en matemáticas para sistemas complejos.

## 2 Metodología

La ecuación que gobierna la magnetización en un medio magnético es la ecuación de Landau-lifschitz-Gilbert [Mallinson, 1987]:

$$\frac{\partial}{\partial t} \mathbf{M} = -\gamma \mathbf{M} \times \mathbf{H} + \lambda \mathbf{M} \times (\mathbf{M} \times \mathbf{H}) \quad (1)$$

Donde  $M$  es el vector de magnetización,  $H$  es el campo magnético efectivo,  $\gamma$  es la constante de precesión giromagnética de Gilbert y  $\lambda$  es la constante de amortiguamiento de Gilbert respectivamente.

Previamente se ha demostrado [Fermin et al., 2003] que para el caso de una cinta magnética plana esta ecuación puede escribirse de la forma

$$\phi'' - \frac{v}{a} \phi' - \frac{H_1}{H_E} \phi^5 - \frac{3H_1 + H_U - H_D}{H_E} \phi^3 - \frac{H_0}{H_E} \phi^2 - \frac{H_1 + H_U - H_D}{H_E} \phi + \frac{H_0}{H_E} = 0 \quad (2)$$

donde  $\phi = x - vt \equiv \frac{M_x}{M}$ ,  $a = -\lambda H_E M$ , y relacionamos cada campo con una energía antes enunciada, tal que  $H_E$  es el campo por energía libre e intercambio,  $H_0$  el campo externo,  $H_1$  el campo de la red cúbica,  $H_D$  el campo de desmagnetización y  $H_U$  el campo de anisotropía.

Para el estudio del sistema como un sistema dinámico, es necesario construir un sistema autónomo mediante el cambio  $\phi = \varphi'$  y convertir la ecuación 2 en

$$\varphi' = -\frac{v}{a} \varphi - \frac{2H_1}{H_E} \varphi^5 - \frac{3H_1 + H_U - H_D}{H_E} \varphi^3 - \frac{H_0}{H_E} \varphi^2 - \frac{H_1 + H_U - H_D}{H_E} \varphi + \frac{H_0}{H_E} \quad (3)$$

Los puntos fijos de la ecuación se consiguen al igualar a cero y resolver el sistema 3.

Las raíces del se obtuvieron utilizando maple, y las soluciones de 3 se hallaron mediante un algoritmo Runge-Kutta implementado en Fortran, para los

siguientes conjuntos de valores:

Caso	$\frac{H_0}{H_E}$	$\frac{H_U - H_D}{H_E}$
1	0.0	0.1
2	0.2	0.1

Con diferentes valores de la velocidad  $v$  para estudiar los resultados obtenidos.

Las gráficas de los planos de fase se realizaron en gnuplot.

### 3 Resultados

Para la cinta en ausencia de campo externo se resolvió el sistema 3 obteniéndose tres puntos fijos en  $(\varphi, \phi) = (-1, 0); (0, 0); (1, 0)$ . Graficando  $\phi$  vs  $\varphi$  vemos que para diferentes valores el comportamiento de las soluciones pasa por los siguientes estados:

Para el valor mas bajo de la velocidad las órbitas tienden hacia el infinito, pero el centro de la espiral es el punto fijo  $(0, 0)$ . A medida que  $v/a$  aumenta, se llega a un valor para el que las órbitas se convierten en órbitas periódicas con foco en este mismo punto fijo, que se repiten indefinidamente. A partir de esta velocidad, valores mas altos de  $v/a$  generan espirales que decaen hacia el punto fijo, y por último, al alcanzar una velocidad crítica  $v^*$ , la trayectoria tiende rápidamente al punto fijo, sin que se produzca un giro alrededor del mismo. Estos comportamientos se representan en la figura 1.

Figura 1.

En presencia de campo externo ( $H_0/H_E \neq 0$ ) se obtienen tres nuevos puntos fijos en  $(\varphi, \phi) = (-1, 0); (1, 0); (2, 0)$  y vemos que sólo se obtienen como soluciones los últimos comportamientos, es decir, las oscilaciones amortiguadas y los frentes de ondas, tal como se muestra en la figura 2.

Figure 2.

## Referencias

[Baltz et al., 2005] Baltz, V., Landis, S., Rodmacq, B., and Dieny, B. (2005).

Multilevel magnetic media in continuous and patterned films without-of-plane magnetization. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 290-291(2):1286–1289.

[D'Aquino, 2004] D'Aquino, M. (2004). *Nonlinear Magnetization Dynamics*

*in Thin-films and Nanoparticles*. Doctoral thesis in electric engineering,

Universidad Federico II, Nápoles, Italia.

[Fermin et al., 2003] Fermin, J. R., Rivas-Suarez, R., Francheschini, J. P.,

and Rodriguez, L. J. (2003). Front propagation in uniaxial ferromagnets.

*Advances in Complex Systems*, 6(2):205–214.

[Mallinson, 1987] Mallinson, J. (1987). On damped gyromagnetic precession.

*IEEE Transactions on Magnetics*, 23(4):2003–2004.

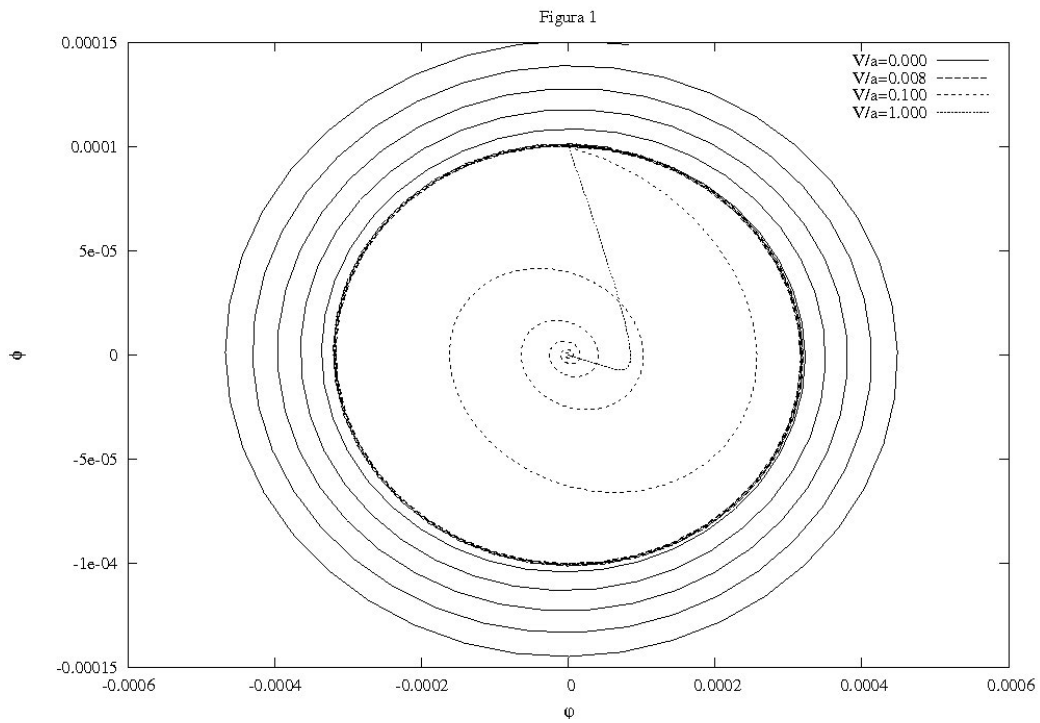


Figura 1: Diagrama de Fase para  $\frac{H_0}{H_E} = 0.0$  y  $\frac{H_U - H_D}{H_E} = 0.1$

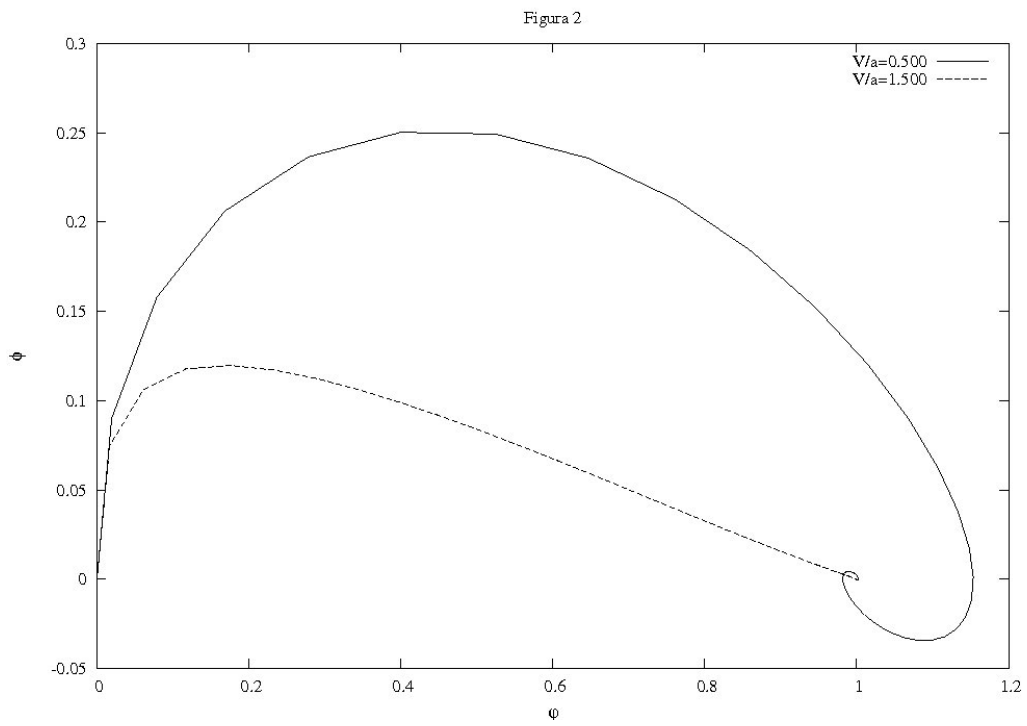


Figura 2: Diagrama de Fase para  $\frac{H_0}{H_E} = 0.2$  y  $\frac{H_U - H_D}{H_E} = 0.1$