

# RETO

## Frenado Magnético

# Una simulación de la desaceleración por frenado magnético.

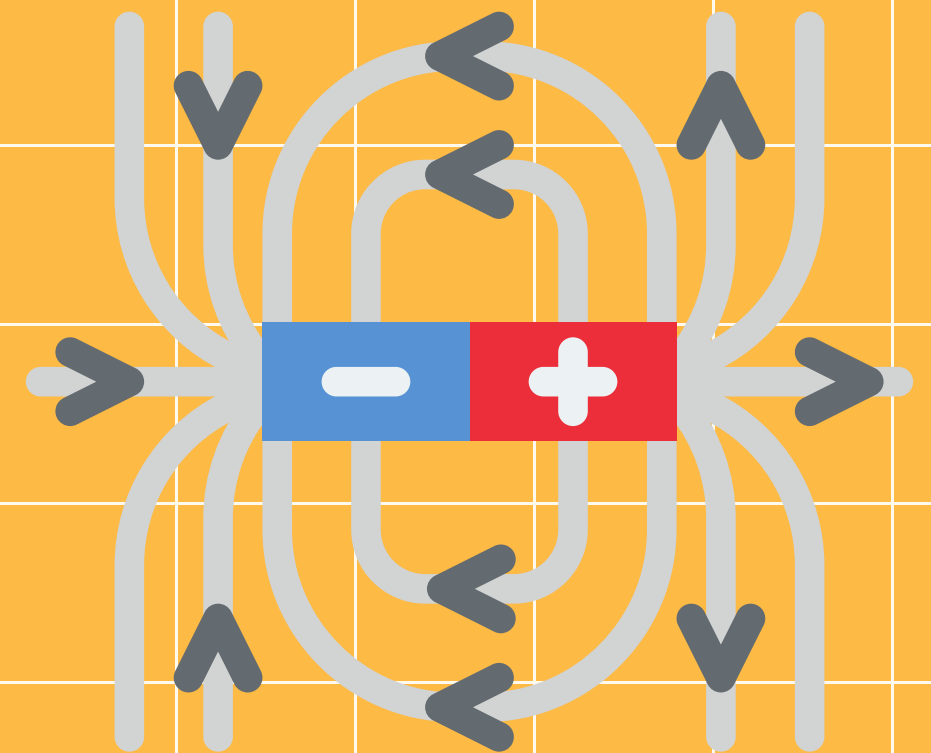
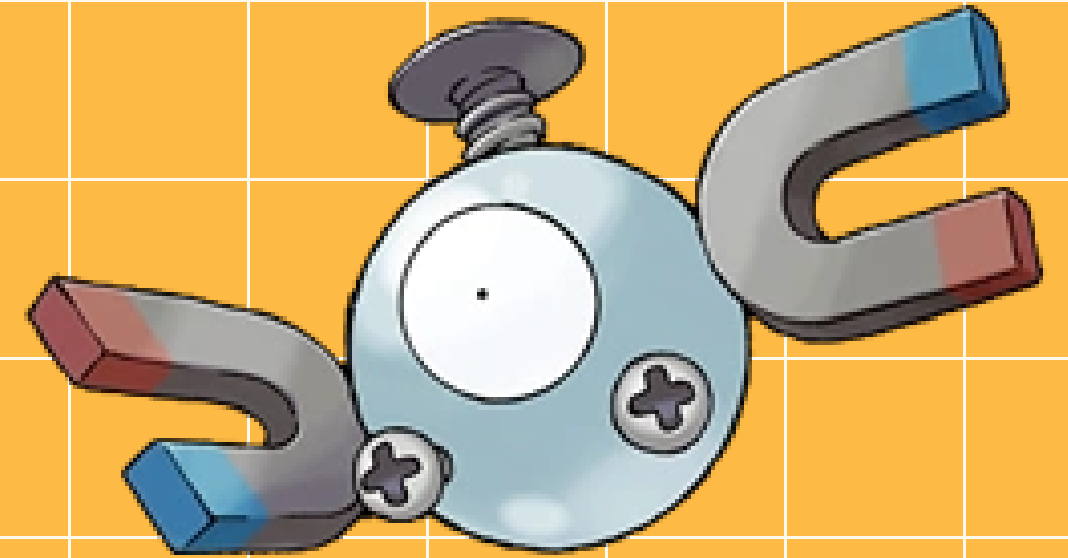
Mariana, Camila, Sofia, Eilyn, Eduardo y Andrés

# Magnetismo

Fenómeno físico por el que los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales.

## Campo Magnético

Campo físico que representa la influencia magnética sobre las **corrientes eléctricas**, las **cargas en movimiento** y los materiales **magnéticos**.

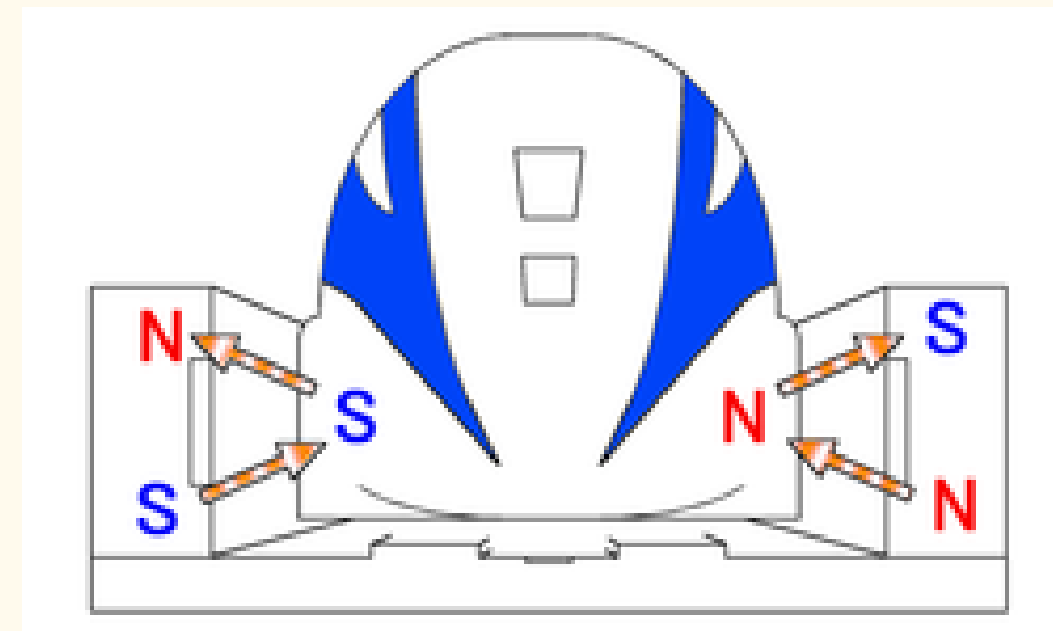


# Frenos Magnéticos

Los frenos magnéticos se utilizan para detener o controlar el movimiento de un objeto, a través del magnetismo.

Tienen varios usos, pero los más comunes son en las vías de trenes y en montañas rusas, donde permiten recorridos seguros y precisos. También se utilizan en otros sistemas de transporte y maquinaria industrial.

Trenes Bala de Japón



# LEY DE BIOT-SAVART

- $\mathbf{B}(\mathbf{r})$ : Campo magnético en el punto  $\mathbf{r}$ , donde se quiere calcular el campo.
- $\mu_0$ : Permeabilidad magnética del vacío ( $4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ ).
- $I$ : Corriente que circula por el conductor.
- $d\mathbf{l}$ : Elemento infinitesimal del conductor, con dirección del flujo de corriente.
- $\mathbf{r}'$ : Posición del elemento de corriente  $d\mathbf{l}$ .

- $\mathbf{r}$ : Posición del punto donde se calcula el campo.
- $\mathbf{r} - \mathbf{r}'$ : Vector desde el elemento de corriente hasta el punto de observación.
- $\times$ : Producto vectorial.
- $|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|$ : Distancia entre el punto de observación y el elemento de corriente.

## Que hace?

La ley se basa en la idea de que cada elemento de corriente genera un campo magnético en un punto, y el campo total es la suma vectorial de todos esos campos.

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\mathbf{l} \times (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3}$$

# Runge-Kutta

$$k_1 = hf(t_k, \hat{y}_k)$$

$$k_2 = hf\left(t_k + \frac{h}{2}, \hat{y}_k + \frac{k_1}{2}\right)$$

$$k_3 = hf\left(t_k + \frac{h}{2}, \hat{y}_k + \frac{k_2}{2}\right)$$

$$k_4 = hf(t_k + h, \hat{y}_k + k_3)$$

## Que hace?

- Es un método numérico para resolver ecuaciones diferenciales
- Su precisión aumenta conforme el paso disminuye

$$\hat{y}_{k+1} = \hat{y}_k + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$



# Preview Código

Una pequeña síntesis de lo que el código alberga.

## Campo y Espiras

Se utiliza la **ley de Biot-Savart** para calcular el campo magnético del solenoide, y se dan los valores para graficar las espiras con quiver.

## Trayectoria, Gradiente y Animación

Simula el movimiento de un dipolo magnético considerando **Fmagnética**, **Ffricción**, y **Fgravedad**, usando el método **Runge-Kutta de 4°** orden. El gradiente, usando la **diferencial**, y la animación.

# Código



# Main

```
codigo1_campo_magnetico_espiras();  
codigo2_trayectoria_completa();  
[Px, Py, Pz, dx, dy, dz] = generar_espiras(nl, N, R, sz);
```

Se inicializan los valores necesarios, y se llaman a las funciones del codigo1 que contiene el campo magnético y espiras.

Y en el codigo2, se tiene la simulación trayectoria, el gradiente, y la animación.

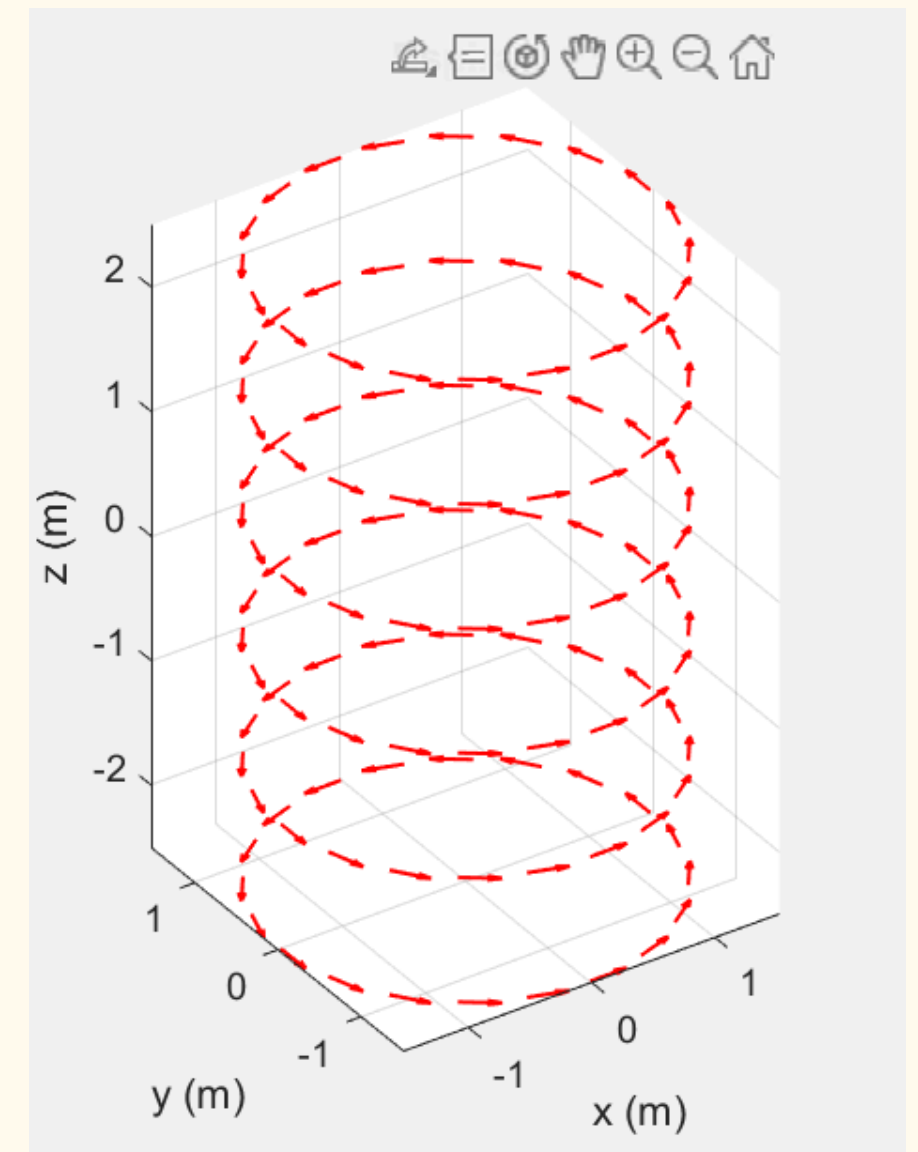


# Espiras

El campo magnético es generado por un solenoide compuesto por:

- 6 espiras circulares ( $n_l = 6$ )
- Radio  $R = 1.5$  m
- Separación  $s_z = 1$  m entre espiras
- Corriente  $I = 300$  A en cada espira
- Orientación: Espiras en planos perpendiculares al eje  $z$

Hicimos las espiras en diferentes maneras, progresando de forma gradual, primero generando una, luego 6 puestas perpendicularmente en el eje  $z$  y finalmente, poniendo las flechas para representar la dirección en la que esta dirigida la corriente.

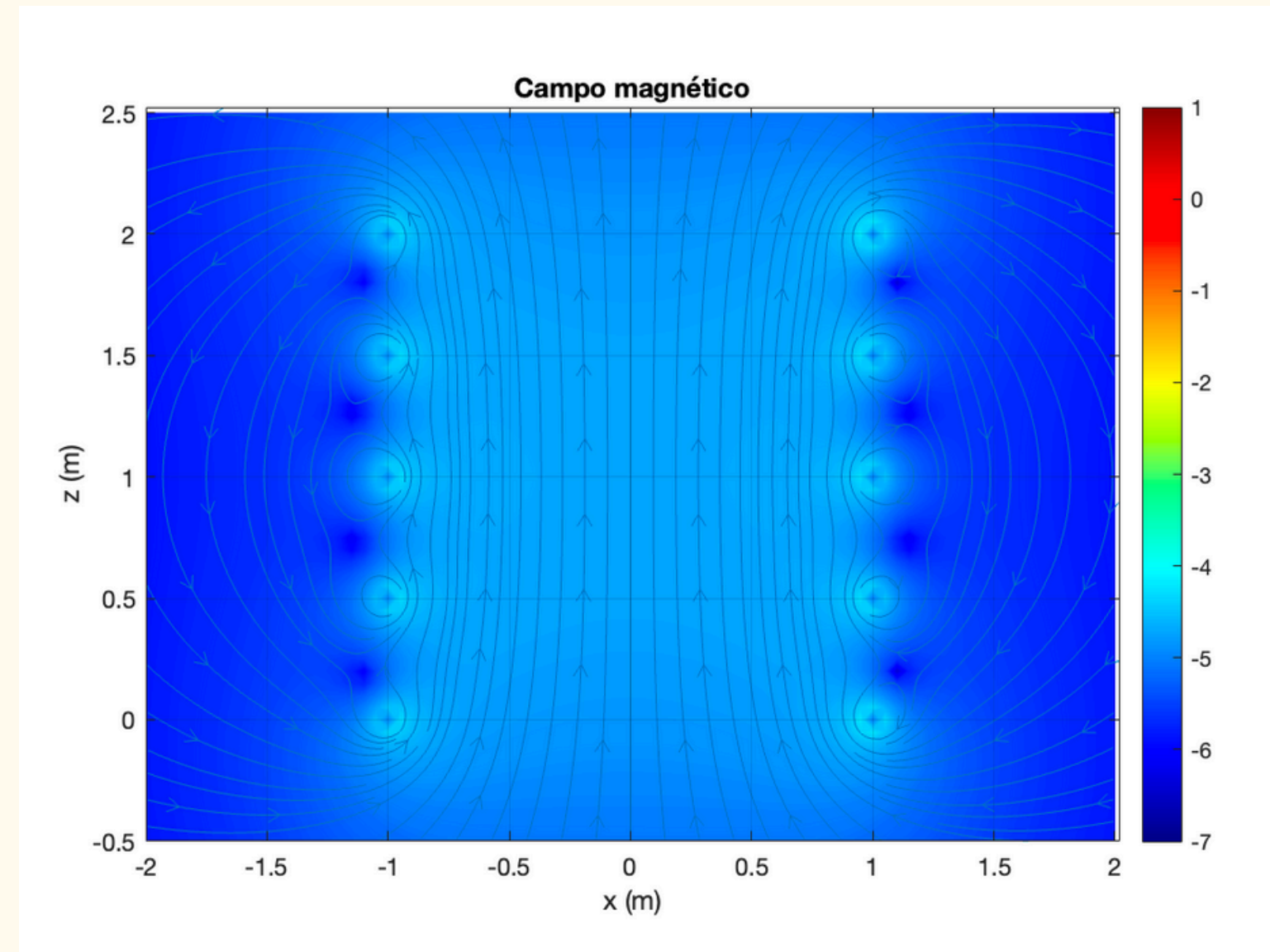


# Campo Magnético

Calcula el campo magnético generado por el sistema de espiras usando la Ley de Biot-Savart.

Se logra tener

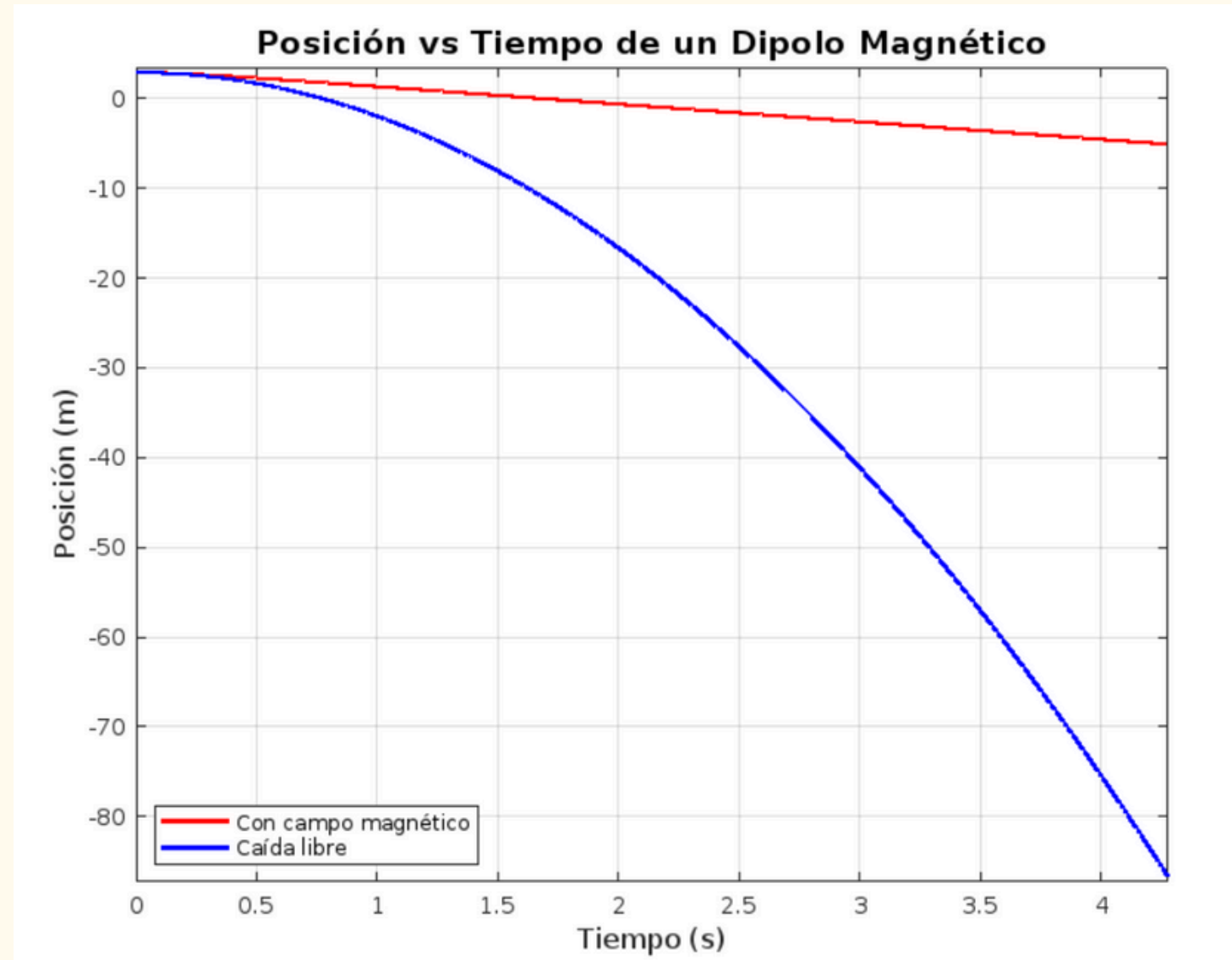
- Campo magnético  $B_x$  y  $B_z$  en toda la región, para crear una malla de puntos y la suma calcula el campo.
- Visualización con streamlines para mostrar dirección del campo.



# Trayectoria

Simula el movimiento del dipolo magnético bajo la influencia de múltiples fuerzas.

- Es el resultado de 3 fuerzas compitiendo:
  - Magnética: Variable, puede atraer o repeler
  - Gravitacional: Constante hacia abajo (0.981 N)
  - Fricción: Proporcional a velocidad, siempre opuesta al movimiento



# Runge Kutta 4 Orden

```
function [z_next, v_next] = rk4_step(z, v, dt, a_func)
    % Runge-Kutta 4 orden
    k1z = v;
    k1v = a_func(z, v);

    k2z = v + 0.5*dt*k1v;
    k2v = a_func(z + 0.5*dt*k1z, v + 0.5*dt*k1v);

    k3z = v + 0.5*dt*k2v;
    k3v = a_func(z + 0.5*dt*k2z, v + 0.5*dt*k2v);

    k4z = v + dt*k3v;
    k4v = a_func(z + dt*k3z, v + dt*k3v);

    z_next = z + dt/6 * (k1z + 2*k2z + 2*k3z + k4z);
    v_next = v + dt/6 * (k1v + 2*k2v + 2*k3v + k4v);
end
```

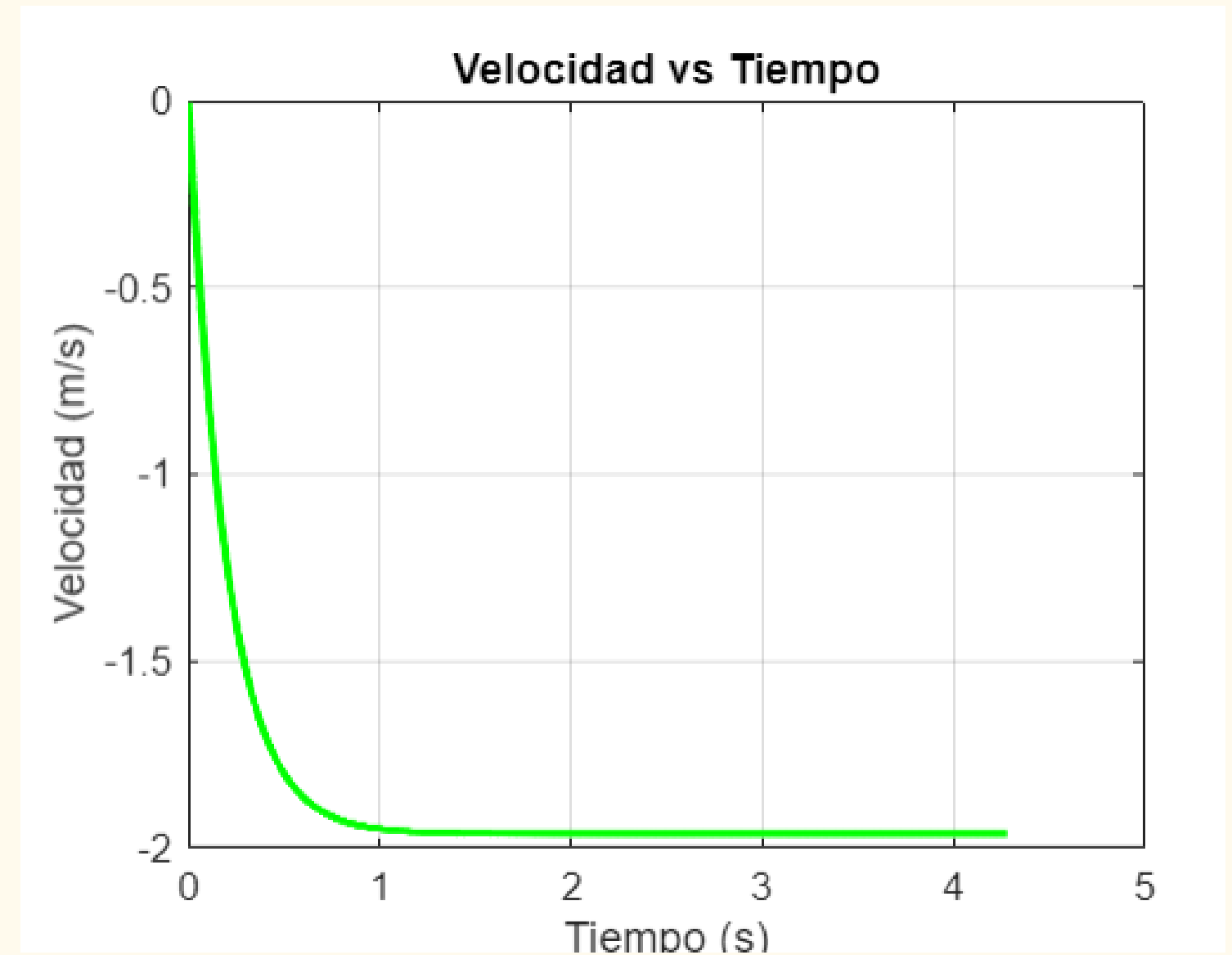
Se encarga de calcular la trayectoria del dipolo que cae a través de un campo magnético, considerando todas las fuerzas que actúan sobre él,

# Gradiente

Se calcula el gradiente del campo magnético para determinar la fuerza sobre el dipolo.

- Tiene un paso diferencial de 0.005
- Entre mas tiempo menos velocidad

El gradiente calculado determina la fuerza magnética que, combinada con la fricción, reduce progresivamente la velocidad hasta detener el dipolo.



# Animación Frenos magnéticos

```
% FUNCIÓN PARA CREAR ANIMACIÓN %  
function crear_animacion(zm, tt, nombre_video, Pz_espiras, R)  
  
% Crear video writer  
writerObj = VideoWriter(nombre_video, 'MPEG-4');  
writerObj.FrameRate = 30;  
open(writerObj);  
  
% Parámetros de visualización  
z_range = [-6, 6];  
  
% Configurar figura para animación  
figure(100);  
set(gcf, 'Position', [100, 100, 800, 600]);  
  
% Determinar step para la animación (no todos los puntos)  
step = max(1, floor(length(zm)/300)); % Máximo 300 frames
```

Se crea un video que muestre cómo una partícula magnética es frenada al pasar por un solenoide, combinando física y simulación numérica.

- Electromagnetismo. (n.d.). Endesa. Retrieved June 11, 2025, from <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/que-es-el-electromagnetismo>
- Fernández, J. L. (s. f.). Ley de Biot-Savart. Fisicalab. <https://www.fisicalab.com/apartado/campo-magnetico-creado-corriente-electrica>

# Referencias

