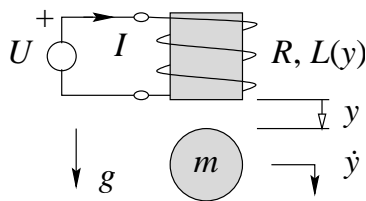


1. La Figura 1 muestra el esquema de un sistema de suspensión magnética, en el que una bola de material ferromagnético de masa m se "levita" mediante la acción de un electroimán controlado por fuente de tensión. Un modelo linealizado alrededor del punto de operación nominal del sistema es

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ \frac{2g}{a+y_R} & -\frac{k}{m} & -\frac{L_0 a}{m(a+y_R)^2} \\ 0 & \frac{2mg}{L_1} & -\frac{2R}{L_1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L_1} \end{bmatrix} u,$$

$$y = x_1$$

donde x_1 es la posición de la bola, x_2 la velocidad y x_3 la corriente de excitación de electroimán. Los valores de los parámetros del modelo se dan en la Figura 2.



m	0.01 Kg
k	0.001 N/ms
g	9.81 m/s ²
a	0.05 m
L_0	0.01 H
L_1	0.025
R	10 Ω
y_R	0.05 m

Figura 1: Sistema de suspensión magnética

Figura 2: Parámetros del modelo

Especificaciones de diseño Se desea diseñar un controlador por realimentación de salida para estabilizar asintóticamente el sistema y hacer que la salida siga referencias constantes cumpliendo las siguientes especificaciones de respuesta transitoria:

sobrevalor máximo:	10%
tiempo de establecimiento al 2% máximo:	0.5s
error estático de seguimiento:	0

- 25% (a) Analizar la función transferencia y las propiedades de controlabilidad y observabilidad del sistema a lazo abierto. Justificar que es posible alcanzar las especificaciones de diseño propuestas de estabilidad, seguimiento y respuesta transitoria.
- 25% (b) Diseñar un control por realimentación de estados con acción integral para alcanzar las especificaciones de respuesta transitoria deseadas.
- 25% (c) Diseñar un observador para estimar el estado del sistema a partir de la medición de la posición de la bola x_1 . ¿Podría diseñarse un observador midiendo uno cualquiera de los otros dos estados? Justificar la respuesta.
- 25% (d) Implementar el sistema de control por realimentación de estados + observador usando los diseños de los puntos b y c en SIMULINK y simular la respuesta del sistema en lazo cerrado a una referencia escalón $y_R = 0.05$. ¿Cuál es la máxima incertidumbre admisible en R , en el modelo de la planta, manteniendo el desempeño especificado del sistema a lazo cerrado?

Nota: Para entregar, salvar el modelo SIMULINK del punto d con el nombre L****.mdl, donde **** es el número de legajo del alumno. Salvar también para entregar toda información necesaria para reproducir los resultados (scripts, variables en el espacio de trabajo, etc.).