

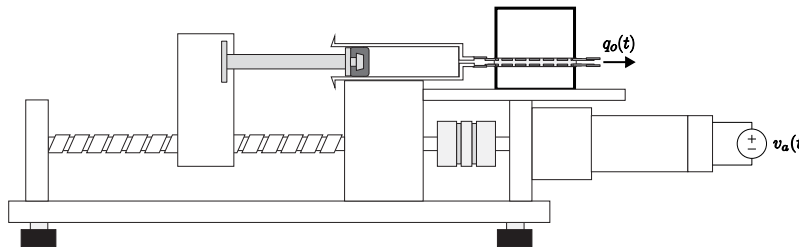
## Objetivo

Analizar el desempeño de los controladores P, PI y PID en el control de la variable flujo de una bomba de infusión mediante simulación y ajuste adecuado de los parámetros  $K_p$ ,  $K_i$  y  $K_d$

## Procedimiento

En esta práctica, trabajaremos con la bomba de infusión mostrada en la Figura 1, cuya dinámica está modelada por la función de transferencia

$$G_p(s) = \frac{Q_o(s)}{V_a(s)} = \frac{20}{s^3 + 22s^2 + 142s + 220}$$



**Fig. 1:** Diagrama de una bomba de infusión tipo jeringa

1. Simule las respuestas al escalón de la bomba de infusión en (i) lazo abierto y (ii) lazo cerrado con realimentación unitaria.
2. Con ayuda del arreglo de Routh-Hurwitz, halle los valores de ganancia última  $K_u$  y periodo último  $T_u$ . Posteriormente, simule la respuesta en lazo cerrado para comprobar sus cálculos.
3. Simule la respuesta ante el escalón de la planta con un controlador proporcional, para esto:
  - a. Seleccione diez valores para la constante  $K_p$  en el intervalo  $K_u \in [0.1K_u, 0.5K_u]$
  - b. Grafique todas las respuestas en un mismo eje
  - c. Halle los valores de error de estado estacionario en cada caso y compare sus resultados con cálculos analíticos
4. Simule la respuesta ante el escalón de la planta con un controlador PI, para esto:
  - a. Sintone cinco controladores PI diferentes, usando la tabla disponible en [GitHub](#).
  - b. Grafique todas las respuestas en un mismo eje
  - c. Seleccione uno de los controladores sintonizados y varíe  $K_p$  y  $K_i$  (un valor por encima y uno por debajo de los sintonizados) y grafique las respuestas en un mismo eje en diferentes figuras (o usando subplot) para cada variación
5. Simule la respuesta ante el escalón de la planta con un controlador PID, para esto:
  - a. Sintone ocho controladores PID diferentes, usando la tabla disponible en [GitHub](#).
  - b. Grafique todas las respuestas en un mismo eje

- c. Seleccione uno de los controladores sintonizados y varíe  $K_p$ ,  $K_i$  y  $K_d$  (un valor por encima y uno por debajo de los sintonizados) y grafique las respuestas en un mismo eje en diferentes figuras (o usando `subplot`) para cada variación
6. Seleccione una de las configuraciones PID anteriores y sintonice un controlador PID con filtro derivativo. Haga los ajustes necesarios para que el tiempo de estabilización sea menor a 2 s y el máximo sobreimpulso no supere el 10%.

## Informe

Se deberá entregar un reporte que contenga las siguientes secciones:

### 1. Desarrollo

- Presentar los cálculos analíticos usados para hallar  $K_u$  y  $T_u$  (arreglo de RH, apartado 2) y  $e_{ss}$  (apartado 3.c)
- Incluir todos los códigos programados para las simulaciones

### 2. Resultados y análisis

- Se deben presentar las gráficas requeridas
- Análisis comparativo del desempeño de los diferentes tipos de controladores y del efecto de la variación de los parámetros de los mismos
- Las gráficas se deben guardar en formato PNG o JPEG y no como captura de pantalla, con una resolución mínima de 300dpi