	<p>Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	<p>EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>
<p>IE0431: Sistemas de Control I-2024</p>		

TAREA 1

Objetivo: Identificar componentes del sistema de control de lazo cerrado en un caso de aplicación y la simulación básica del sistema de control realimentado.

1. En la figura 1 se muestra el esquema de control implementado por un laboratorio farmacéutico para controlar el nivel de pH en un antibiótico y mantenerlo en un valor de 8. El pH es una medida del nivel de acidez o alcalinidad de una solución acuosa y se suele medir a una temperatura de referencia de 25 °C, por lo cual se procura tener el cuarto de laboratorio bajo dichas condiciones ambientales al hacer mediciones de dicha variable. Es importante recordar que al disminuir el valor del pH se incrementa la acidez de una sustancia. El nivel de pH en el tanque se mide utilizando un medidor de pH (phímetro), el cual es un dispositivo que genera un nivel de tensión directa, relacionado linealmente con el nivel de pH tal y como se observa en la figura 2. Dicho nivel de tensión es procesado por un transmisor que envía una señal de corriente de 4 mA a 20 mA al controlador.

De acuerdo con la figura 1, al tanque ingresan dos sustancias: Una solución A y una solución B. La solución A es una sustancia conocida como base y la cantidad de dicha sustancia que se agrega al tanque puede variar según su disponibilidad y también debido a la demanda de producción del antibiótico. Para variar la cantidad de la solución A se utiliza la válvula 1 de apertura manual. Por otro lado, al regular la cantidad de la sustancia B (un ácido) se controla el nivel de pH del antibiótico en el tanque, con lo que, si se agregara más de esta solución al tanque, se disminuiría el pH del antibiótico. La apertura de la válvula de salida suele ser constante, sin embargo, podría variarse (utilizando la válvula 2 de apertura manual) dependiendo de la demanda de producción del antibiótico.

(40 puntos) Dibuje un diagrama de bloques **completo** del proceso y su sistema de control, describiendo **todas** las variables físicas y las señales involucradas en él. Indique y describa dos posibles perturbaciones para este sistema de control según la definición de la variable controlada.



IE0431: Sistemas de Control
I-2024

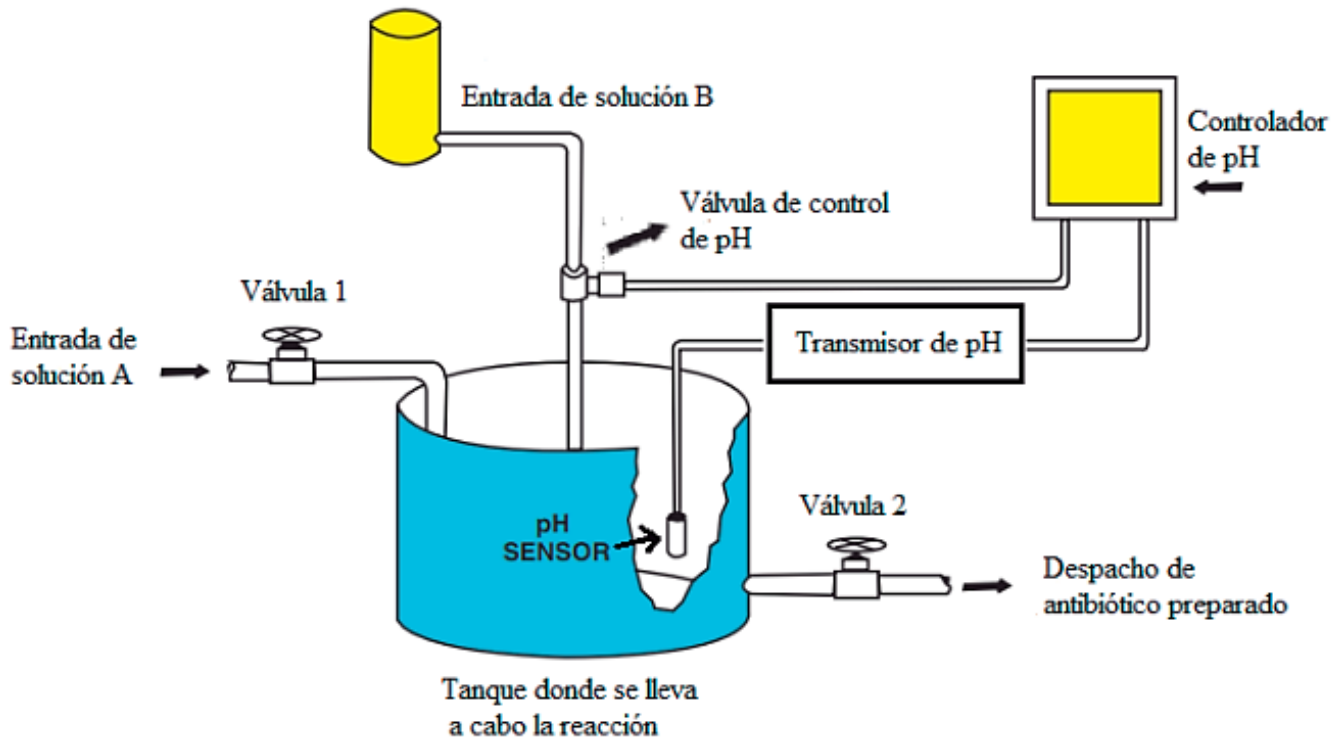


Figura 1: Sistema de control de pH

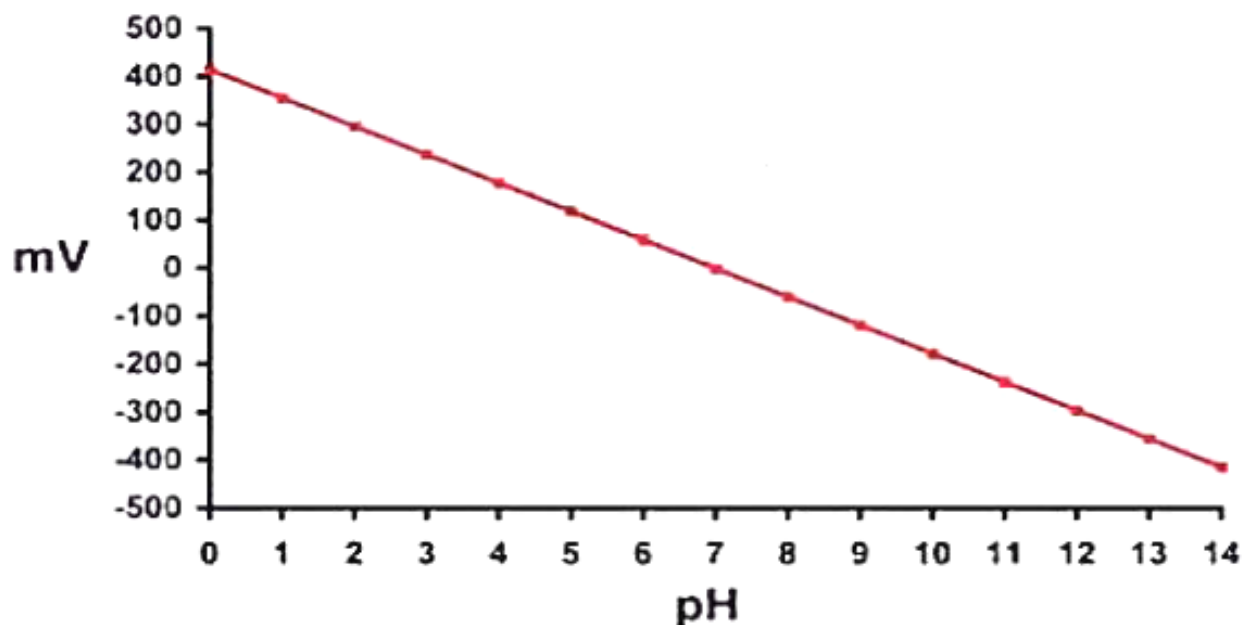


Figura 2: Curva característica de un medidor de pH a 25 °C



**IE0431: Sistemas de Control
I-2024**

2. Considere el sistema de control realimentado mostrado en la figura 3.

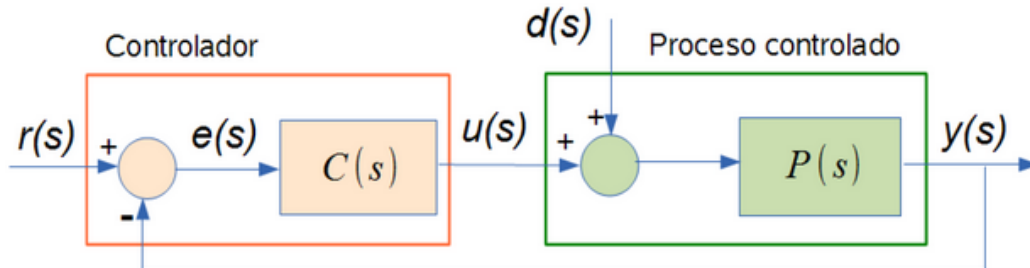



Figura 3: Sistema de control realimentado

- a) (20 puntos) Simule el lazo de control ante cambios de tipo escalón unitario en el valor deseado y en la perturbación considerando que **el proceso controlado es integrante de segundo orden con ganancia unitaria, constante de tiempo de 0,2 segundos y sin tiempo muerto** (*sugerencia*: repasar definición de este sistema en el capítulo 5 del folleto de análisis de sistemas).

Considere que el controlador está dado por: $C(s) = K_p = 1$

Recuerde que cuando se aplica un cambio en una entrada (ej. $r(t)$), se debe dar el tiempo suficiente para que el sistema se estabilice y luego se aplica el cambio en la siguiente entrada (ej. $d(t)$). Coloque en la memoria de su solución una imagen de la respuesta del sistema de control (señal $y(t)$) que también incluya las señales asociadas al valor deseado ($r(t)$) y a la perturbación ($d(t)$). En una segunda imagen debe mostrar el valor de la señal de control $u(t)$ ante los mismos cambios aplicados en las entradas del sistema. Ambas figuras deben incluir las entradas de referencia y perturbación, y presentarse con una descripción de los ejes usando el comando `xlabel`, `ylabel` y una leyenda (`legend`). El fondo de las figuras debe ser blanco, y el grosor de las líneas mostradas en cada figura debe ser el adecuado tal que permita fácilmente identificar cada señal.

- b) (20 puntos) Realice la misma simulación del punto anterior (incluyendo dos nuevas imágenes asociadas a $y(t)$ y $u(t)$ con los mismos requerimientos y cambios aplicados en $r(t)$ y $d(t)$), pero considerando que ahora el controlador está dado por: $K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$, en donde $K_p = 2$ y $T_i = 2$ segundos.
- c) (20 puntos) Compare las respuestas del sistema de control de los dos incisos anteriores al generar en **una sola figura comparativa** las respuestas de $y(t)$ y $u(t)$ ante los cambios aplicados en $r(t)$ y $d(t)$ (*Sugerencia*: Revise la documentación del comando `plot`). Separe las gráficas con colores y tipos de línea adecuados para facilitar su identificación.

	<p>Universidad de Costa Rica Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>	<p>EIE Escuela de Ingeniería Eléctrica</p>
<p align="center">IE0431: Sistemas de Control I-2024</p>		

A partir de esta figura, comente las diferencias que observa entre ambas respuestas temporales y a qué se deben las mismas. Incluya además en su respuesta el mapa de polos y ceros de las funciones de transferencia de lazo cerrado $M_{yr}(s)$ y $M_{yd}(s)$ de cada sistema de control elaborando en Matlab (*Sugerencia: utilice el comando pzmap*) y utilícelo para justificar su respuesta.

Finalmente, responda a la pregunta ¿Por qué el sistema se estabilizó si el proceso a controlar es integrante, de naturaleza no-autoregulada?

Instrucciones finales:

- 🏠 Se recomienda estudiar el ejemplo de simulación Matlab (*disponible en Mediación Virtual junto al enunciado de la tarea*) que muestra cómo simular un esquema de control realimentado en Matlab ante cambios en el valor deseado y ante cambios en la perturbación, mediante la línea de comandos en Matlab (*siendo la figura 2 de este ejemplo similar a las figuras solicitadas en el problema 2 de la tarea*).
- 🏠 En el caso de usar *simulink* para la simulación del sistema y obtención sus respuestas, recuerde hacer el ajuste del tiempo de muestreo en el *solver* de *simulink* (*fixed step, ode4, step size 1e-3 o 1e-4*).
- 🏠 Entregar en Mediación Virtual una memoria pdf indicando las soluciones obtenidas para cada punto, además de los archivos Matlab y/o Simulink los cuales deben generar todos los resultados presentados en la memoria, para considerar las soluciones como válidas. Subir a la plataforma virtual los archivos por separado (no se aceptan archivos comprimidos).
- 🏠 En caso de incluir secciones de la tarea realizadas a mano y escaneadas, debe procurar que su respuesta sea legible (letra e imágenes), de lo contrario la calificación será nula.
- 🏠 Indicar carné, nombre y grupo matriculado en cada archivo entregado, en el nombre de los archivos (ej: *C01234_NombreApellido_G0#.pdf*) y en el contenido de estos (portada para el pdf, comentario en los archivos Matlab/Simulink).
- 🏠 Las tareas son de realización y entrega individual. Tome en cuenta que Mediación genera un reporte de originalidad con la herramienta *Turnitin* para cada entrega.
- 🏠 Fecha de entrega: sábado 6 de abril a las 11:55 pm, no se aceptan tareas después de esta fecha y hora, ni entregadas por otros medios distintos a Mediación Virtual.