

WORKSHOP 1.- TERMINOLOGÍA Y FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE CONTROL

Objetivo: Comprender el funcionamiento del sistema de control (lazo cerrado) de tres procesos que aparecen en los Casos de Estudio de LoopPro

1.- Caso de estudio - “Gravity Drained Tanks” Realizar un informe contestando a las siguientes cuestiones, justificando las respuestas con las gráficas obtenidas.

a) ¿Cuál es el objetivo de control?

El objetivo del sistema de control en lazo cerrado es mantener constante la altura en el segundo depósito a pesar de las perturbaciones (caudal de bombeo 2 l/min)

b) Sobre la captura gráfica de la planta (Figura 1), identificar:

a. El actuador y el controlador

El actuador es la válvula de regulación B

EL controlador es el E

b. La variable de proceso o variable controlada, la variable manipulada, la perturbación y la señal de control.

La variable de proceso o controlada es la altura en el segundo depósito

La variable manipulada es el caudal de entrada al primer tanque

La perturbación es el caudal de bombeo del segundo tanque

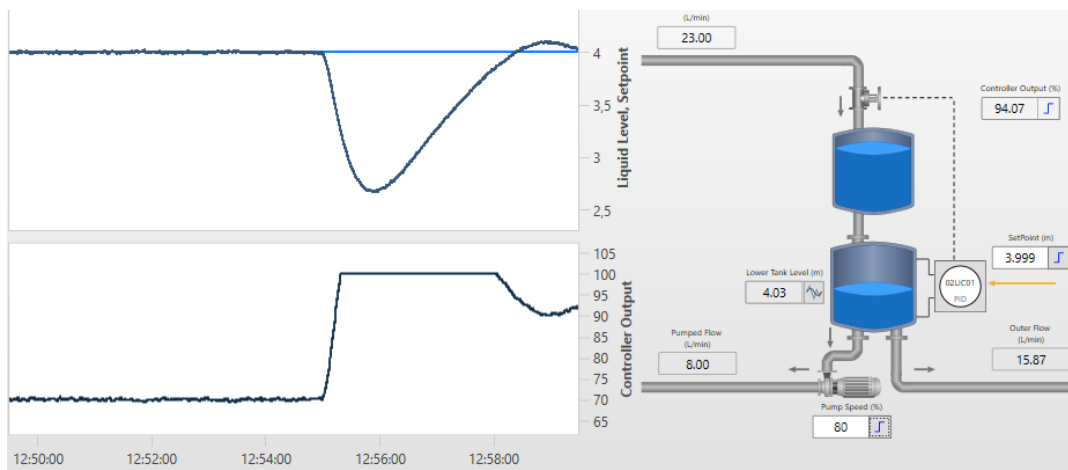
La señal de control es el porcentaje de apertura de la válvula

c) Partiendo del punto de operación PO1, donde de la altura en el segundo tanque es de 3,99 m con un flujo de bombeo (perturbación) de 2,0 l/min, el flujo de bombeo cambia a 8,0 l/min. Explicar cómo funcionaría (todos los pasos) el sistema de control en lazo cerrado ante la presencia de esta perturbación.

$H = H_{sp}(4m) \rightarrow$ perturbación caudal de bombeo pasa de 2 a 8 l/min \rightarrow Incremento $H < 0 \rightarrow$
 $error = H_{SP} - H \rightarrow$ Incremento del error $> 0 \rightarrow$ abrir la válvula B \rightarrow Incremento del % de apertura > 0

$U(t) = K_c \cdot Error$

Si incremento de $u > 0$ y incremento de error $> 0 \rightarrow K_c > 0$ (Actuación inversa) porque cuando el incremento de altura es negativo, la señal de control es positivo

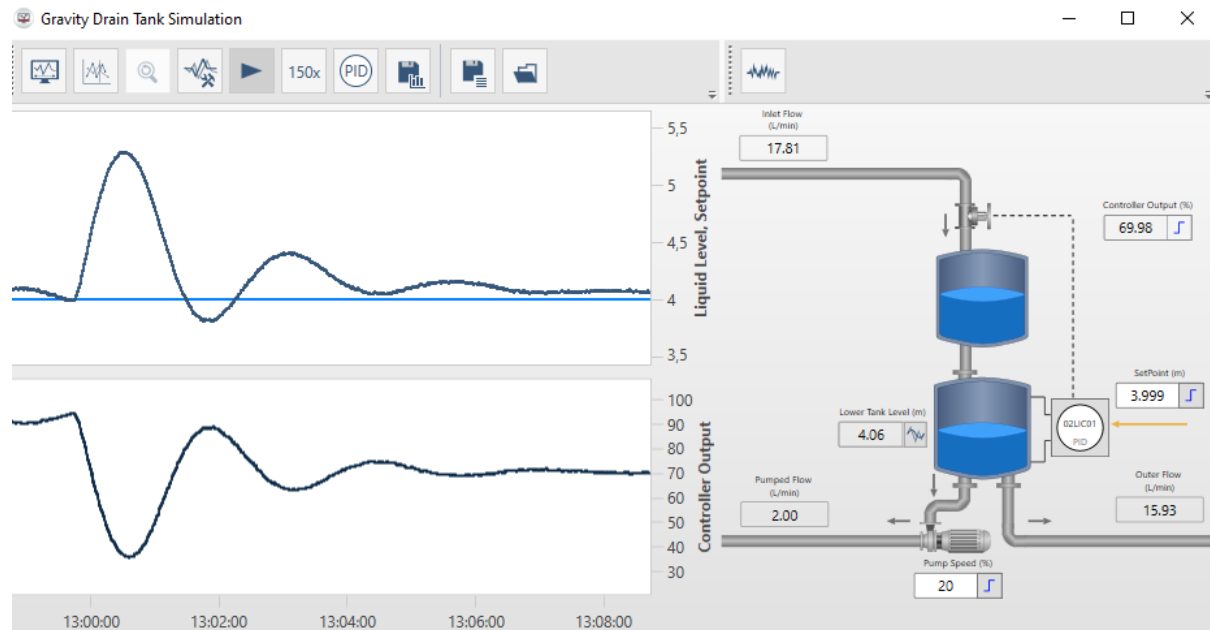


El setpoint se mantienen constante en un valor 4

Cuando aparece una perturbación donde el caudal de bombeo pasa de 2 a 8 l/min → altura del segundo tanque baja → el sistema de control reacciona aumentando la salida del controlador % de apertura de la válvula, pasa de un 705 a un 100%

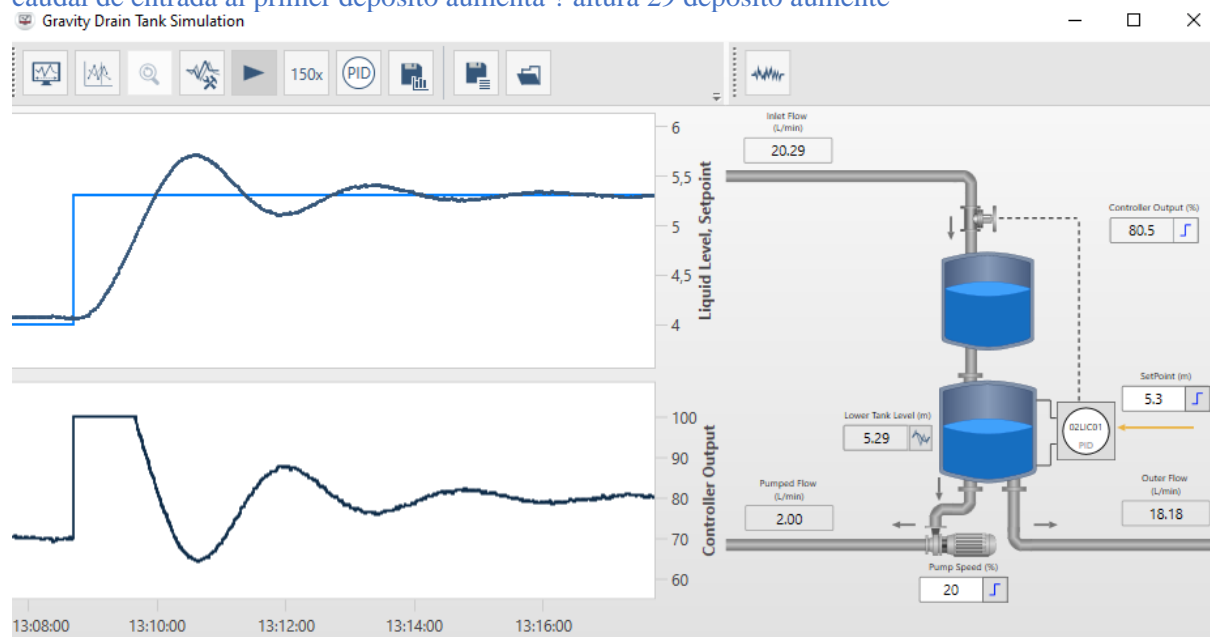
Posteriormente la válvula se va cerrando hasta un valor de 95%

Si la perturbación desaparece pasamos a 2 l/min entonces el sistema de control reacciona y la variable de proceso vuelve a su valor de SP



$H = H_{sp.7}$ cambiamos el setpoint de 3,99 a 5,3 m -3 error- $H_{sp} - H = 5,3 - 3,99 = 1,3\text{m}$

7 señal de control = $U = \%Ap\text{ válvula} = k_e * \text{error} = + * + = +$ 3 abrir válvula 3 Variable manipulada el caudal de entrada al primer depósito aumenta ? altura 2º depósito aumente



Observamos que hemos cambiado el SP de 3,99m a 5,3m y el sistema de control consigue que al final la variable de procesos alcance un valor de 5,29m

d) Comprobar este comportamiento poniendo el controlador automático. Incluir una captura de la respuesta temporal de PV y salida del controlador en lazo cerrado.

e) Partiendo del punto de operación donde la altura en el segundo tanque es de 3,99 m con un flujo de bombeo de 2,0 l/min, se cambia la referencia (setpoint) a 5,3 m sin cambios en la perturbación. Explicar cómo funcionaría el sistema de control en lazo cerrado ante este cambio en el setpoint.

f) Razonar cuál debería ser el tipo de actuación: ¿directa o inversa?

Es inversa porque cuando el incremento de altura es negativo, la señal de control es positivo

2.- Caso de estudio - “Intercambiador de calor”

a) ¿Cuál es el objetivo de control?

El proceso consiste en enfriar el líquido de entrada de 220°C hasta 140°C e la salida del intercambiador mediante un refrigerante que circula por la camisa del intercambiador

El objetivo es mantener constante la temperatura en la corriente de salida del intercambiador a 140°C a pesar de las perturbaciones

b) Sobre la captura gráfica de la planta (Figura 2), identificar:

a. El actuador y el controlador

El actuador es la válvula de regulación B

El controlador es el E

b. La variable de proceso o variable controlada, la variable manipulada, la perturbación y la señal de control.

La variable de proceso o controlada es la temperatura de la corriente de salida G

La variable manipulada es el caudal del líquido refrigerante

La perturbación es el caudal de líquido templado cambia la temperatura de la corriente mezclada a la entrada del intercambiador

La señal de control es el porcentaje de apertura de la válvula D

c) Partiendo del punto de operación PO1, donde la temperatura en la corriente de salida es de 140,0°C y un caudal de líquido templado 10.0 l/min, la perturbación cambia a 20,0 l/min. Explicar cómo funcionaría el sistema de control en lazo cerrado ante la presencia de esta perturbación.

$T = TSP(140) \rightarrow$ Caudal de líquido templado 10 l/min pasa a 20 \rightarrow temperatura en la corriente de entrada 196, corriente de salida desciende a 137,6 \rightarrow error = TSP 140-137 >0 positivo \rightarrow controlador decide cerrar la válvula para que el caudal de refrigerante sea menor \rightarrow temperatura en la corriente de salida aumente

error = TSP 140-137 >0 positivo \rightarrow controlador decide cerrar la válvula

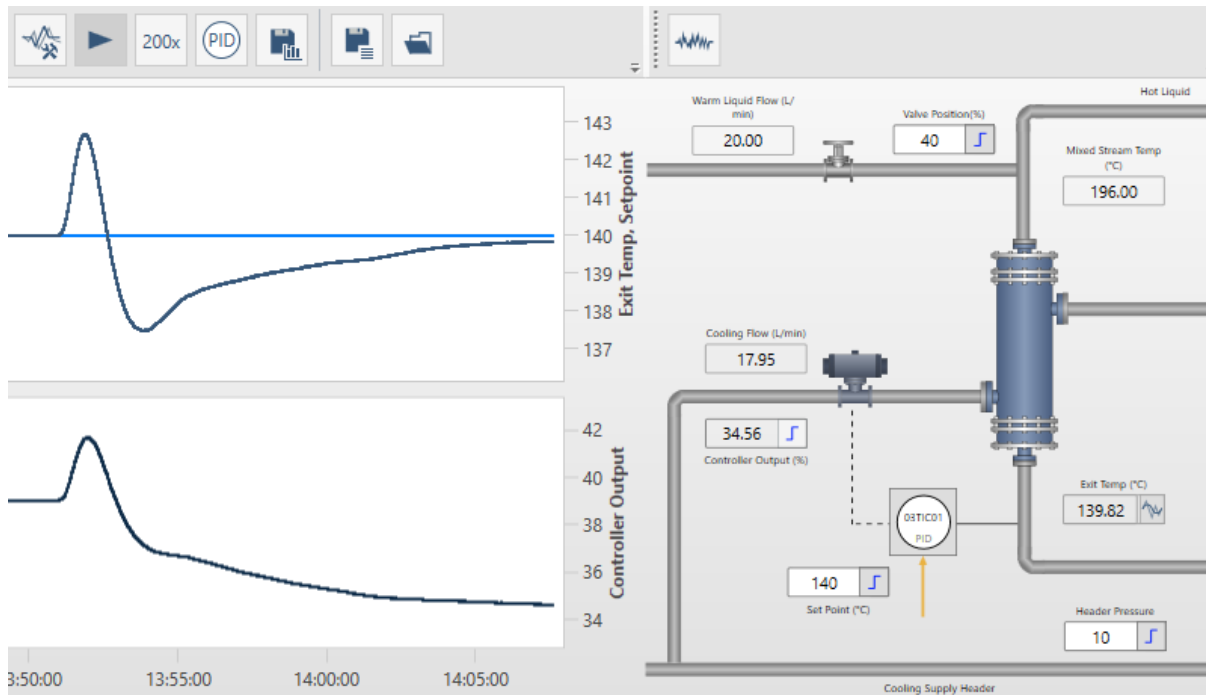
Inc % Apertura <0 \rightarrow señal de control sufre un incremento negativo Inc U <0

$$U = K_c \cdot \text{error}$$

Negativo = $K_c \cdot$ positivo $\rightarrow K_c < 0$

Temperatura en la corriente de salida aumenta \rightarrow la señal de control disminuye \rightarrow actuación directa $K_c < 0$

d) Comprobar este comportamiento poniendo el controlador automático. Incluir una captura de la respuesta temporal de PV y salida del controlador en lazo cerrado



Ante la perturbación el sistema de control reacciona cerrando la válvula y pasando de un valor de 39% a 35% esto hace que se introduzca un menor caudal de refrigerante y la temperatura de salida aumente hasta el valor SP

e) Partiendo del punto de operación PO1, donde la temperatura en la corriente de salida es de 140,0°C y un caudal de líquido templado 10,0 l/min, se cambia el set point a 136,40°C sin cambios en la perturbación. Explicar cómo funcionaría el sistema de control en lazo cerrado ante este cambio en el setpoint.

$T = 140^{\circ}\text{C} = \text{TSP} \rightarrow$ cambiamos el SP a $136,40^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{error} = \text{TSP} - T = 136,4 - 140 = \text{error negativo} \rightarrow$ como la señal de control $= U = \% \text{Ap válvula} = K_c \cdot \text{error} = \text{negativa} \cdot \text{negativo} = \text{Ap válvula positivo} \rightarrow$ apertura de la válvula abre $> 0 \rightarrow$ aumenta el caudal de refrigerante \rightarrow mayor intercambio de calor entre el líquido caliente y el refrigerante absorbe mas calor \rightarrow temperatura a la salida bajara

Heat Exchanger Simulation

