

$$K_p \text{ normalizada} = \frac{\text{Controlled Variable}}{\text{Setpoint}} \times \frac{(100\% \text{ PV} - 0\% \text{ PV})}{(10 \text{ m} - 0 \text{ m})}$$

Hay que tener en cuenta los valores de Spans (el recorrido entre los valores máximos y mínimos de las variables)

Spans		
PV Max	10	m
PV Min	0	m
CO Max	100	%
CO Min	0	%

K_p sin normalizar = 0,102%

K_p normalizada = $0,102 * (100 - 0) / (10 - 0) = 1,02\%$

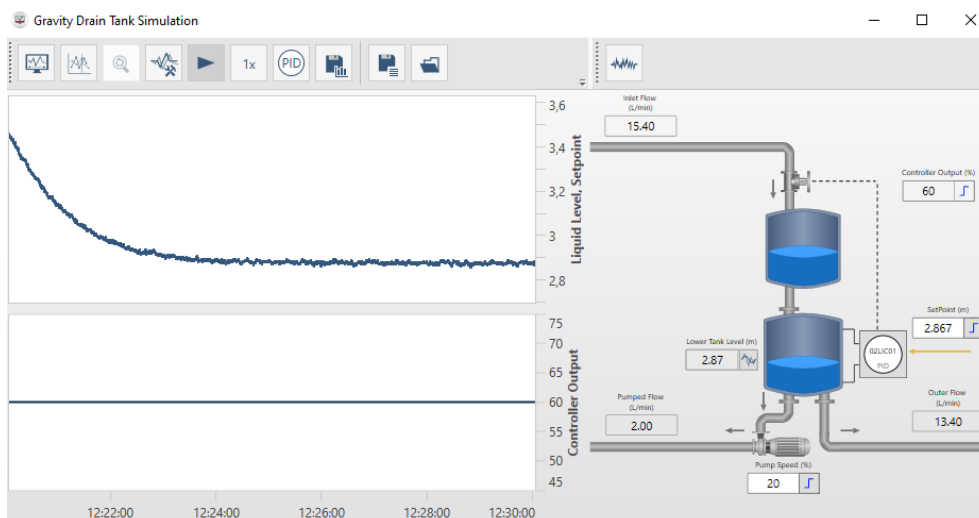
5.- Para poner el sistema de control en automático, hacer clic en el icono (Figura 2) del controlador de nivel del sinóptico de los tanques de gravedad, de tal forma que se accede al menú de ajuste del controlador.



Figura 2.- Icono del controlador de nivel

En la esquina superior izquierda hacer clic en, o hacer clic en la pestaña “Configuration” (Figura 3). Para pasar de Manual a Automático, en “Mode” seleccionar “Automatic” para activar el controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo) e introducir los valores del SP y del Cobias

El modo de actuación es inversa porque si la variable de proceso (la altura en el segundo tanque) aumenta por una perturbación, para mantener la altura constante tenemos que cerrar la válvula $K_c > 0$

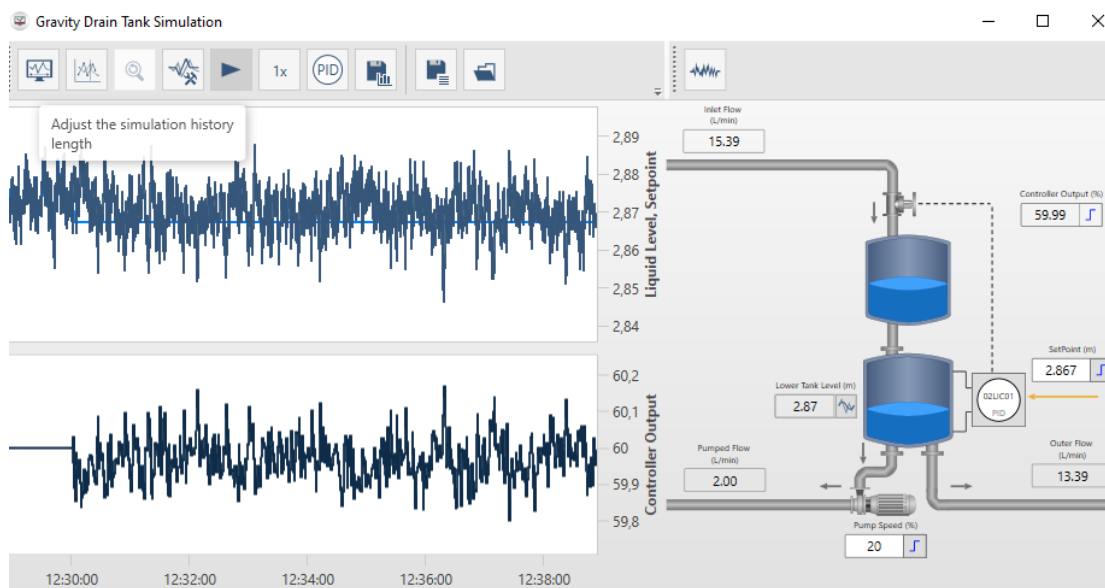


Pasamos a automático (lazo cerrado)

En la grafica en lazo cerrado aparece el set point en amarillo con un valor de 2.867 y la salida del controlador con una línea discontinua con un valor de 60%

7.- Hacer clic en el icono de continuar para continuar la simulación si estaba en pausa. En la gráfica superior se debería mostrar la señal de proceso PV en azul oscuro con ruido. La señal PV debería estar centrada sobre la línea azul-claro que se corresponde con el SP (2.9 m). No se debe observar desplazamiento (error sostenido en el tiempo). Si aparece, modificar el valor de CObias hasta que desaparezca.

Comprobar el funcionamiento del controlador en el punto de operación

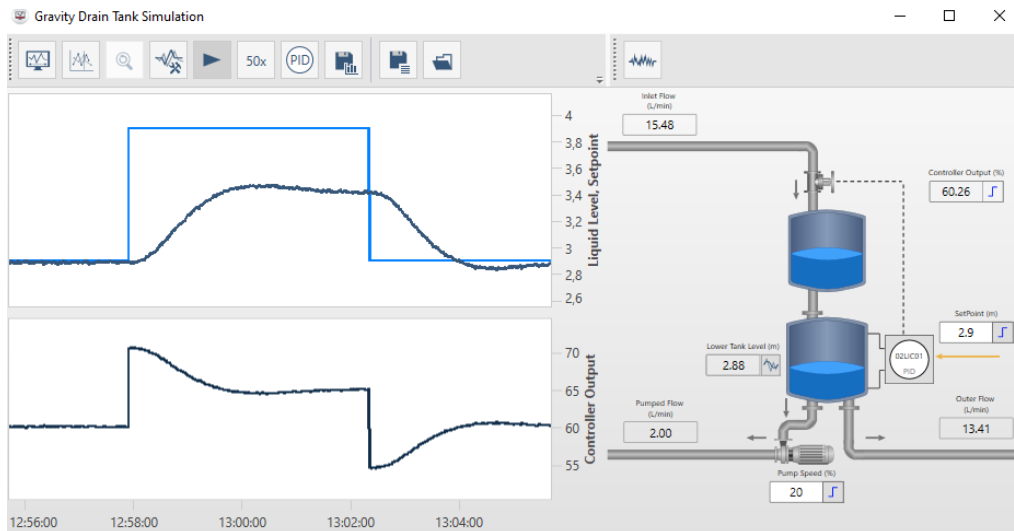


En la ventana de arriba observamos como la variable del proceso (azul oscuro) coincide con el set point (azul claro), el controlador funciona correctamente

8.- A continuación, se pasa a analizar el comportamiento para el seguimiento en los cambios SetPoint con el controlador proporcional. Hacer clic en la caja del SP y realizar un salto desde 2.9 m a 3.9 m y esperar a que la respuesta se complete (llega al estacionario). Realizar un salto a 2.9 m de nuevo y esperar a que la respuesta llegue al estacionario.

¿Qué sucede cuando el SP se cambia a un valor diferente al del punto de operación DLO? ¿Existe un desplazamiento o error estacionario?

Comprobar el funcionamiento fuera del punto de operación haciendo cambios en el set point

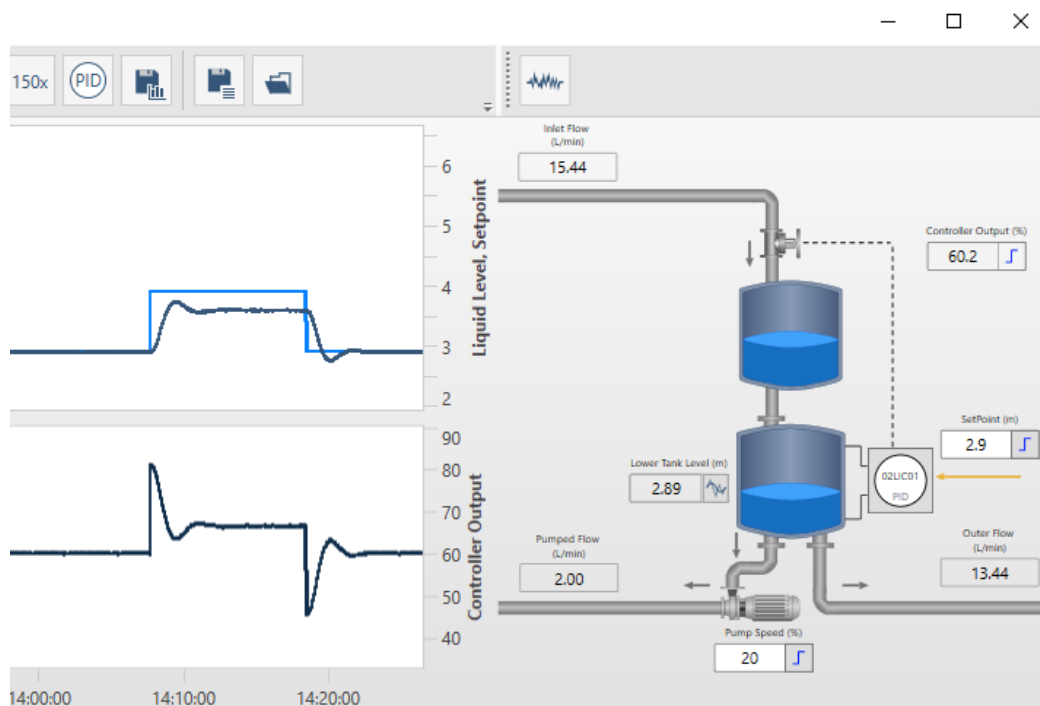


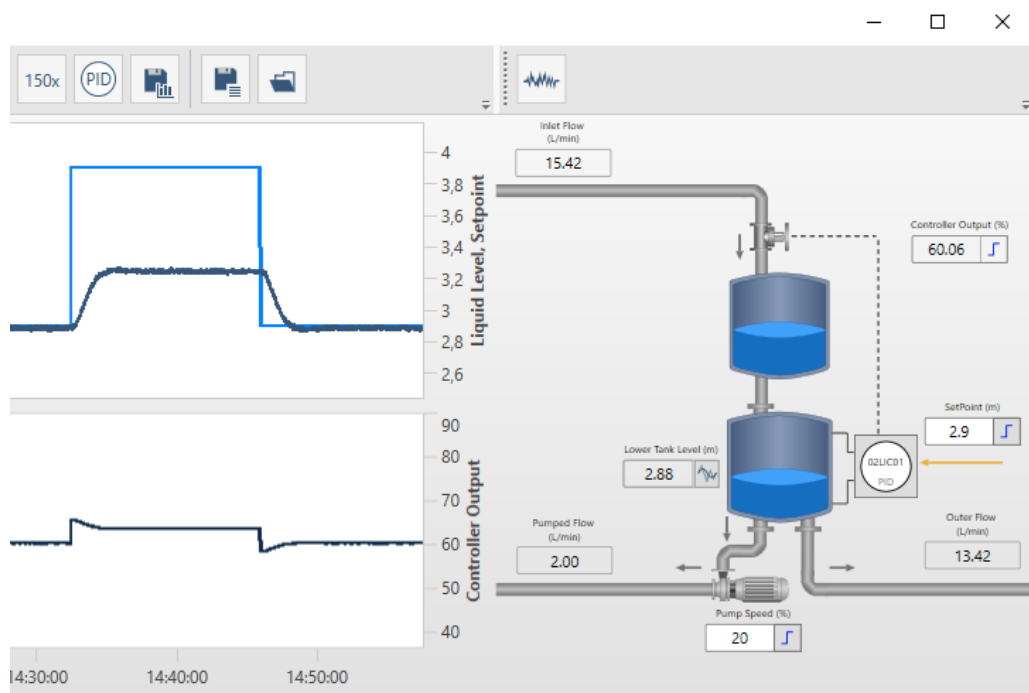
Da un salto en el set point de 2,9 a 3,9 y luego de 3,9 a 2,9

El valor de $P_v = 3,42$ y el set point es de 3,9

Error $\rightarrow SP - P_v = 3,9 - 3,42 = 0,48$, el controlador no funciona correctamente

9.- Aplicar diferentes valores (multiplicando/dividiendo por 2) para la ganancia del controlador y observar cómo influye en el desplazamiento (error estacionario) y en la presencia de oscilaciones en la respuesta aplicando el mismo cambio de SP (2,9 m a 3.9 m y a 2,9 m). Para cambiar la ganancia del controlador hay que acceder en ¿Qué valor de K_c proporciona el mejor balance entre oscilaciones y error estacionario?, ¿en qué te basas para tomar la decisión? Incorporar en el informe capturas de las respuestas temporales como justificación. A este valor de K_c lo denominaremos “el mejor valor de la ganancia”.



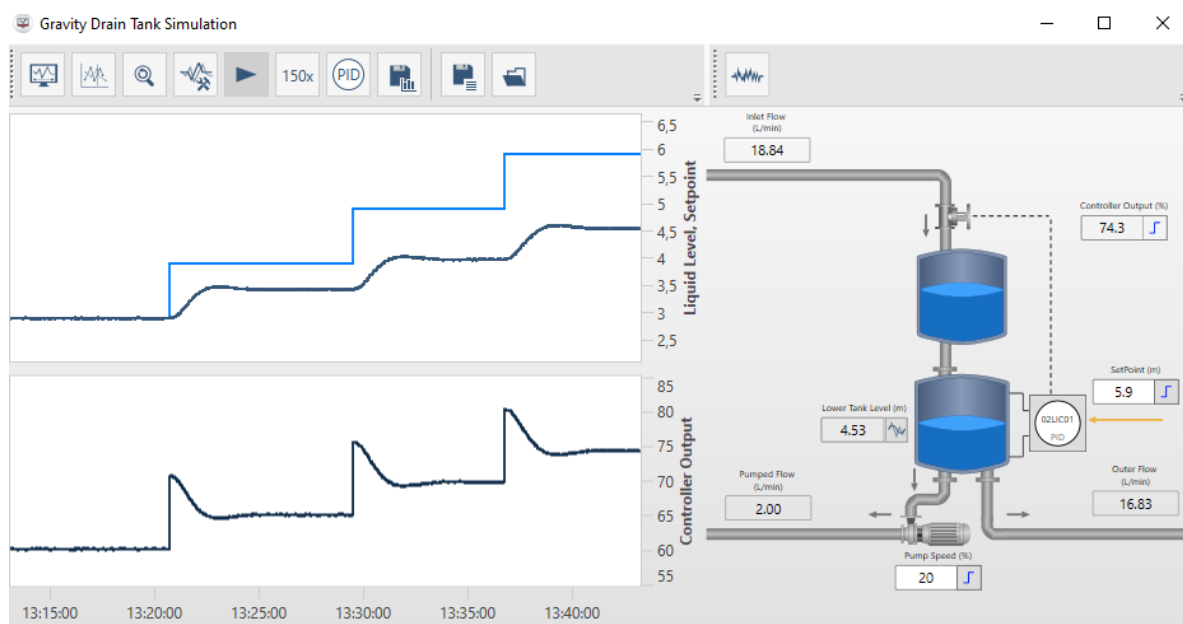


Si se aumenta la ganancia, el error es menor, pero aumenta el número de oscilación

Consideramos 2,1 el mejor valor para la K_c porque tiene menos error estacionario y las oscilaciones son pocas (una) y muy leves

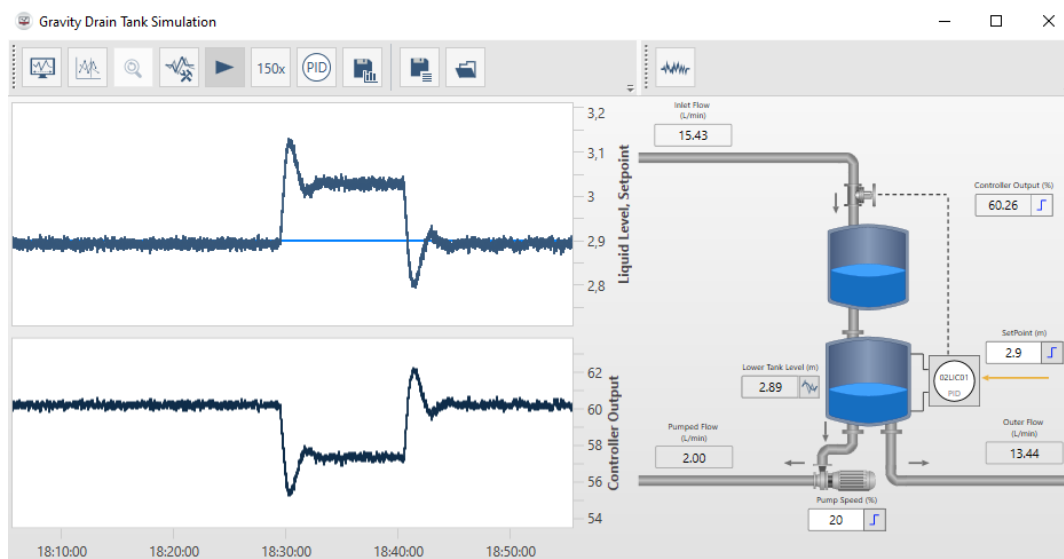
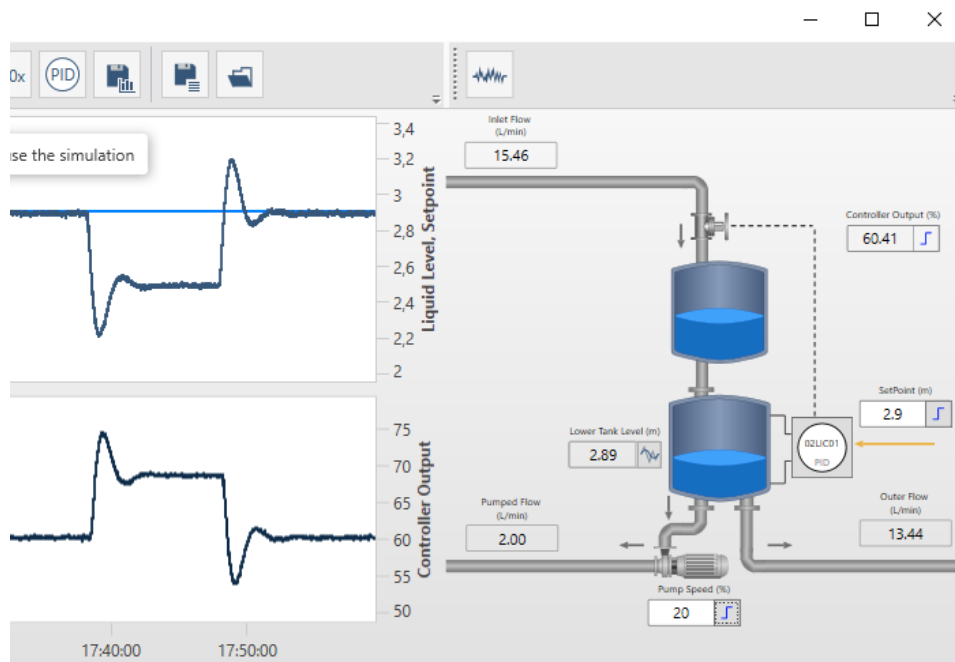
10.- Con “el mejor valor de la ganancia”, realizar saltos a 3,9 m, 4,9 m, 5,9 m, 6,9 m. Si es necesario, reajustar el tiempo del histórico para poder comparar las respuestas, ¿se mantiene el criterio de calidad utilizado para el primer salto? ¿por qué?

Cambiar varias veces el punto de operación



Se observa que a medida que nos alejamos del punto de operación, el controlador tiene un error cada vez mayor

11.- Para “el mejor valor de la ganancia”, volver a colocar el SP en 2,9 m. No se debe observar error estacionario. La principal perturbación es el flujo que se bombea (consume) en la parte inferior. Realizar un salto pasando de 20% a 50%. Volver al valor nominal y, a continuación, realizar un salto de 20 % a 10%. ¿Cómo se comporta la variable de proceso PV en estos experimentos? ¿Existe error estacionario? Se propone que se realice el experimento con diferentes valores de ganancia del controlador. ¿Qué valor considera “mejor” para K_c en este caso? Justificar la respuesta.



Si nos salimos del punto de operación modificando la perturbación existe un error estacionario y es mayor (en valor absoluto) a medida que el cambio en la perturbación es mayor, por tanto, el controlador P no es valido cuando nos salimos del punto de operación

Necesitamos un controlador PI proporcional más integral

Ejercicio 4: Control PI de Temperatura en un Intercambiador de Calor

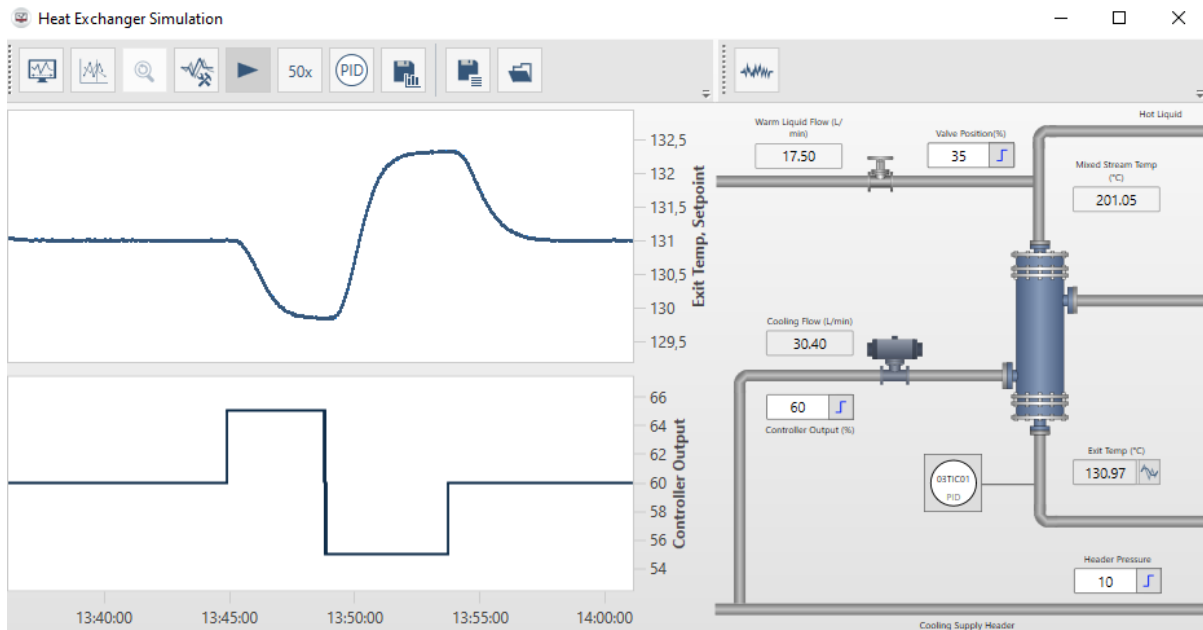
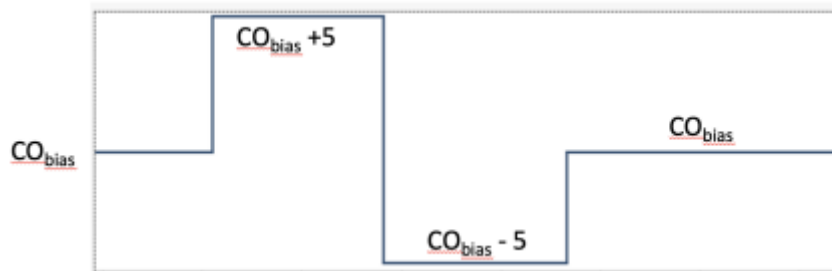
Objetivos:

- Aprender cómo funciona un controlador PI y cómo afecta el ajuste de los parámetros al rendimiento del controlador.
- Aprender cómo usar herramientas de diseño para simplificar las tareas de diseño y sintonización del controlador.

Procedimiento para diseñar y sintonizar un controlador de la familia PID

- Paso 1: Especificar el punto de operación (DLO Design of Level Operation)
- Paso 2: Registrar los datos de la dinámica del proceso entre CO y PV en el entorno de DLO
- Paso 3: Ajustar los datos del proceso a un modelo FOPDT
- Paso 4: Utilizar los parámetros del modelo resultante en ecuaciones de correlación para obtener los valores iniciales de sintonización del controlador
- Paso 5: Realizar la sintonización final por prueba y error con el controlador activado para que las prestaciones del bucle de control sean las fijadas por el diseñador

3. Encontrar el valor de CObias, que hace que PV (la temperatura en la corriente de salida) tenga el valor que deseamos en nuestro DLO. En este caso, cuando el controlador está en automático (lazo cerrado), deseamos que la temperatura de la corriente de salida sea de 131°C. El flujo de perturbación (D - flujo de líquido templado) se considera que sea de alrededor de 17,5 L/min (que se corresponde con una posición de la válvula del 35% "Valve Position (%)") en condiciones normales. Se debe buscar el valor de CO que nos lleva a esa temperatura en la corriente de salida. El DLO para este estudio es $PV = SP = 131^{\circ}\text{C}$ donde D es = 17,5L/min El valor del CO que lleva al punto de operación es CObias = 60%



Para registrar los cambios en la dinámica del proceso se cambia el CO_{bias} de 60 a 65, después de 65 a 55 y luego otra vez al punto de operación 60%

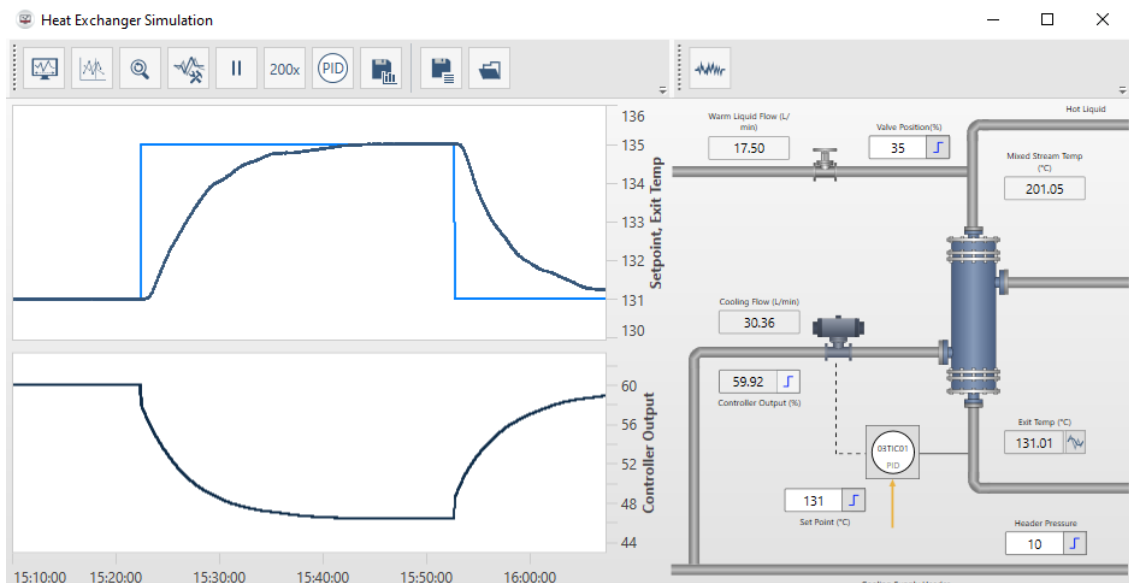
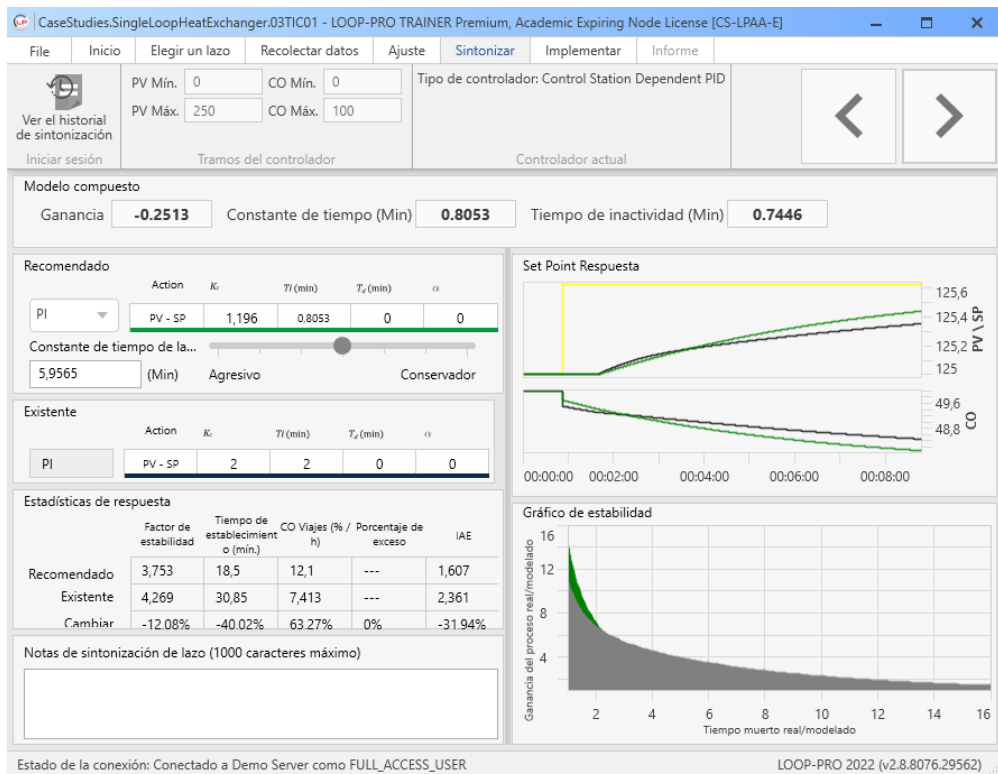
Como el proceso es no lineal, hacemos cambios dejando el punto de operación en el centro

$K_p = 0,254$

Constante de tiempo del proceso = 0,8287min

Tiempo muerto = 0,7142min

La función de ganancia el proceso es $G(s) = (-0,254/1 + 0,83*s) * \exp(-0,83*s)$



Para todos los casos el error en el punto de operación es 0