

## Introducción al control industrial

### Parcial 2 - (45 puntos) - 2018

**Ejercicio 1** (6 puntos - correcto +1 punto; incorrecto -0.5 punto)

Para cada una de las siguientes afirmaciones, indicar si es verdadera o falsa.

El controlador On/Off

- a) modifica su acción de control dentro de la banda neutra.
- b) es adecuado para controlar procesos de capacitancias grandes.

En un PLC,

- c) durante un ciclo de procesamiento de los pasos del ladder, los cambios en los valores de las entradas no son tomados en cuenta hasta el siguiente ciclo.
- d) Solamente se puede ingresar lógica programada en ladder

En un PID,

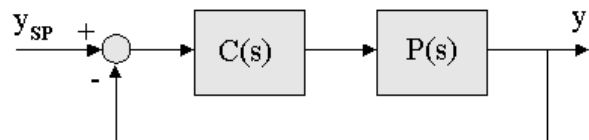
  

- e) Sin compensación de alta frecuencia, la ganancia en muy altas frecuencias puede aproximarse como una constante.
- f) La incidencia del efecto wind-up se ve afectado por la constante de integración.

**Ejercicio 2** (8 puntos)

Considere el sistema de la figura donde el bloque caracterizado por la transferencia  $P(s)$  es una planta y el de  $C(s)$  es un controlador PID. Se ha determinado que para el entorno del punto de operación elegido, un buen modelo de la planta viene dado por  $P(s) = \frac{4}{(s+2)^3}$ .

- 1) Determine analíticamente los valores de la ganancia crítica  $K_u$  y el período crítico  $T_u$ , que surgen del método de ciclo continuo de Ziegler-Nichols para sintonía de un PID serie.
- 2) Diseñe un controlador proporcional de manera que el margen de ganancia del sistema controlado sea 4.
- 3) Calcule el margen de fase resultante del diseño de la parte 2).



### Ejercicio 3 (17 puntos)

Se desea realizar la limpieza del Tanque de Proceso de la Figura. El proceso inicia cuando el operador presiona 'Start' en el Panel de Operación. El Panel cuenta además con una llave de dos posiciones que activa/deshabilita la limpieza con soda cáustica.

- En caso de **no** seleccionarse la limpieza con soda, el proceso consistirá solamente en un enjuague.
- En caso de **sí** seleccionarse la limpieza con soda, se deberá realizar un enjuague con agua y luego una limpieza con soda cáustica.

En caso de que el proceso recurra a utilizar agua recuperada, se deberá parpadear la señal luminosa "Alarma Agua Recuperada" hasta el fin del proceso a modo de alarma para el operador. La señal luminosa se encenderá destellando 1 segundo encendida, 1 segundo apagada.

#### Enjuague con agua

1. El enjuague comienza con un "empuje" de agua fresca de 10 pulsos de acuerdo al caudalímetro de pulsos FT. Se toma como hipótesis que no es posible quedarse sin agua fresca en esta etapa. Se deberá enviar a drenaje el contenido del tanque durante el empuje.
2. Se enjuagará luego con agua fresca durante 3 minutos para completar el proceso. Si en algún momento el sensor de flujo FS no detecta presencia de agua fresca se deberá utilizar agua recuperada del Tanque de Agua Recuperada. El agua recuperada se deberá tirar a drenaje. En este caso el proceso se extenderá 3 minutos más (6 minutos de enjuague en total).
3. Se realizará el vaciado del tanque hasta que el sensor LL indique '0' y se continuará vaciando 1 minuto más para asegurar el escurrido de las paredes del tanque.

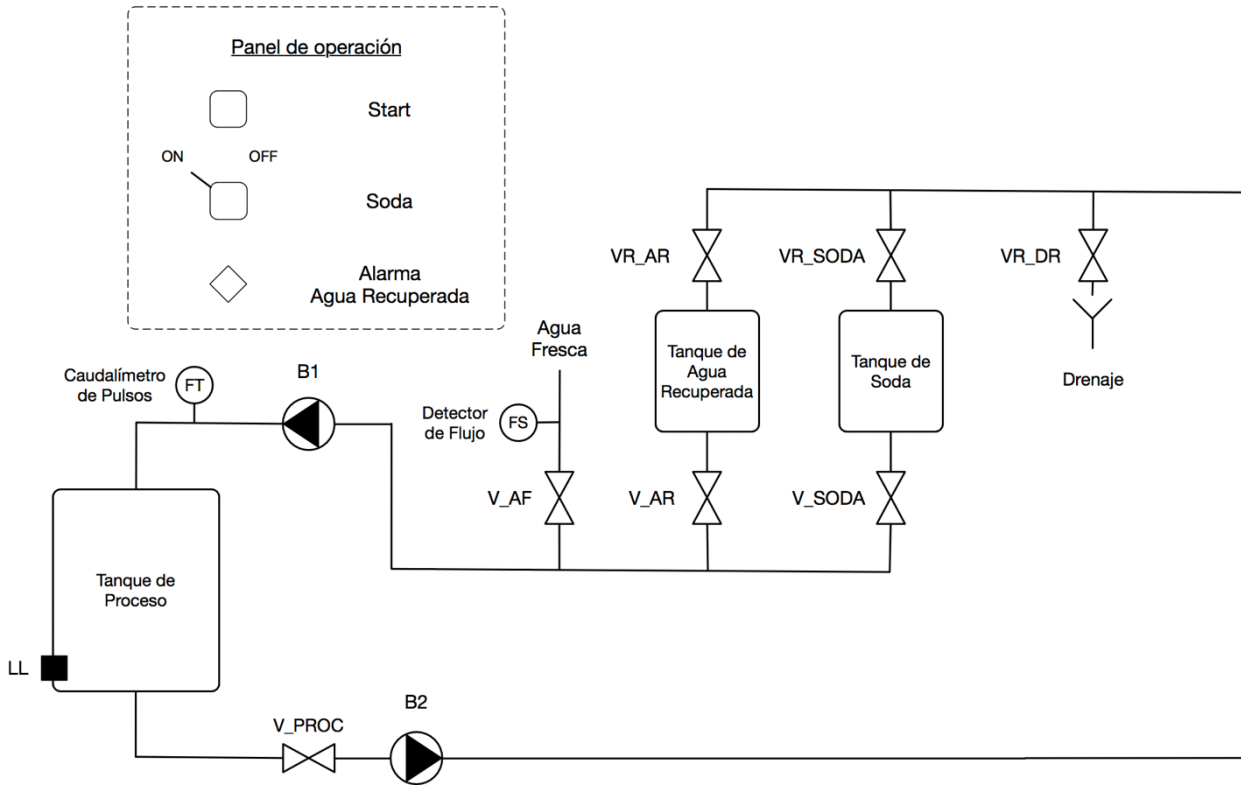
Nota: Durante el enjuague y posterior vaciado de Agua Fresca se enviará el retorno al Tanque de Agua Recuperada para aumentar la eficiencia del proceso. Para el caso de enjuague con Agua Recuperada la misma se enviará a drenaje. Se recomienda utilizar el lugar de memoria "M1" para guardar en memoria este evento.

#### Limpieza con soda cáustica

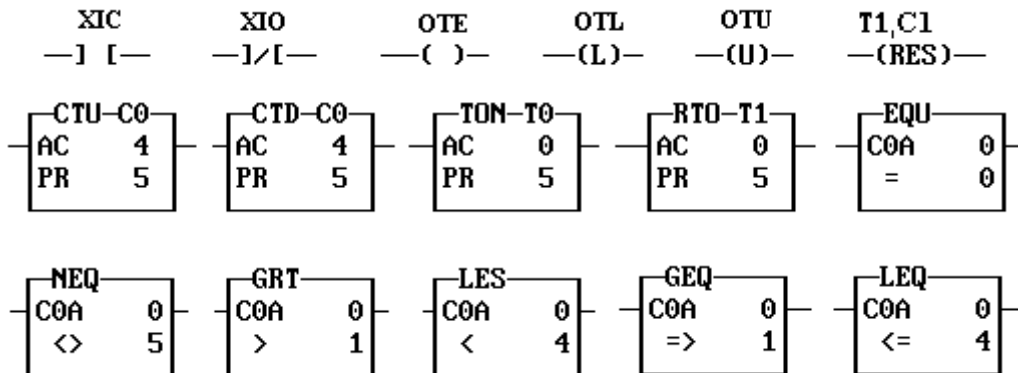
1. Se enviará soda cáustica durante 1 minuto para la limpieza del tanque. El técnico responsable nos indica que los primeros 10 segundos de este envío deben tirarse a drenaje para evitar que retorne mezclada con agua. Luego de estos 10 segundos, la soda deberá recuperarse al tanque de soda.
2. Se deberá drenar el tanque con la misma secuencia que en el punto 3) de la secuencia de enjuague con agua.

#### Nota general del proceso

Previo al cierre de la válvula V\_PROC al final del proceso, se deberá apagar la bomba B2 5 segundos antes para evitar un golpe de ariete. No es necesario tomar esta precaución entre un enjuague y una limpieza con soda.



- 1) Realizar un diagrama de estado que represente el funcionamiento del sistema, describiendo que representa cada estado y los eventos asociados.
- 2) Realizar un programa ladder que implemente lo definido en 1, pudiendo utilizar en las instrucciones direcciones no reales sino los mnemotécnicos definidos durante el ejercicio y otros como se vió en clase. Comentar las líneas de ladder o grupos de líneas, haciendo referencia al diagrama de estado definido.



**Problema 4** (7 puntos)

Se quiere ajustar el sistema de control de temperatura de un tanque de fermentación.

La capacidad calorífica CC total del tanque se estima en 60 kJ/°C. Se sabe que las pérdidas de calor varían (muy lentamente) entre 500 y 1000 W, siendo su valor típico 800 W.

Se cuenta con un calefactor que tiene la posibilidad de entregar 0 W (apagado), 900 W (en modo Lo), o 1400 W (en modo Hi).

La temperatura deseada dentro del tanque es de entre 22 y 24 °C; y se cuenta con un sensor que mide la temperatura T dentro del mismo, que se supone homogénea.

- Teniendo en cuenta las especificaciones anteriores, complete el diseño del sistema de control, justificando sus decisiones. Obtenga las ecuaciones de calentamiento y enfriamiento del tanque para el caso de pérdidas típicas, mínimas y máximas.
- Trace una gráfica aproximada de la respuesta del sistema  $T(t)$  para el caso de pérdidas típicas y otra gráfica de la potencia entregada por el calefactor en función de la temperatura T indicando explícitamente cómo se interpreta este gráfico.
- Para el diseño obtenido y considerando las pérdidas típicas calcule el período de oscilación  $\tau$ .

**Problema 5** (7 puntos)

Se tiene una cierta planta que tiene una respuesta al escalón unitario como la de la figura.

- Determinar los parámetros del modelo de la planta. Expresar el modelo obtenido como una función de transferencia.

Se implementa un control realimentado colocando un controlador PI en serie con la planta. El PI tiene una estructura estándar y la constante de tiempo de acción integral,  $T_i$ , vale 0,1 seg.

- Determinar la estabilidad del sistema de control, en función de la constante del modo proporcional,  $K_p$ .

