

## Introducción al control industrial

### Parcial 2 - (45 puntos) - 2016

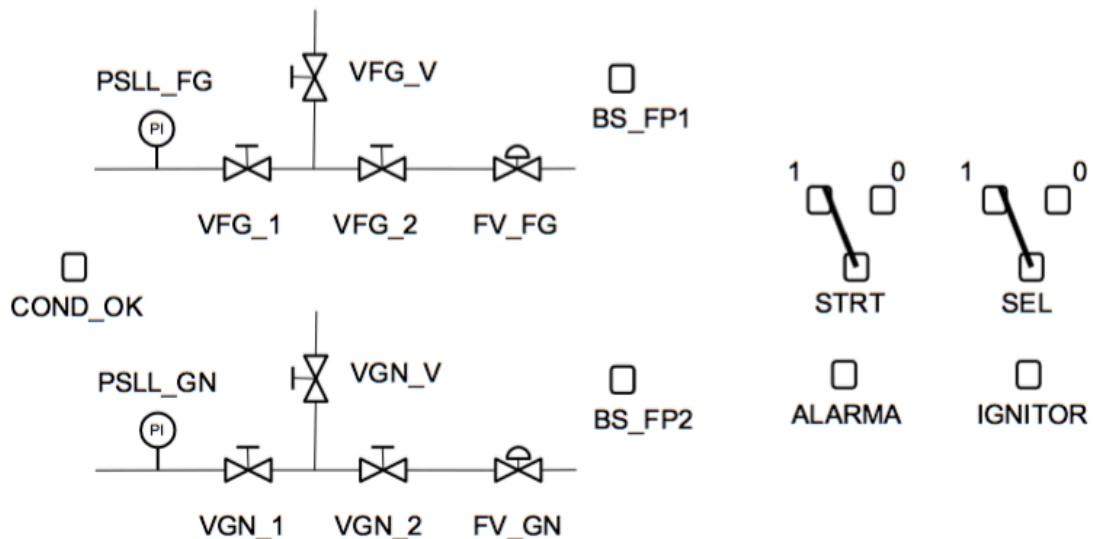
#### Ejercicio 1 (18 puntos)

Se tiene una caldera que puede quemar 2 tipos de combustibles GN (Gas Natural) y FG (Fuel Gas). Cada uno de estos gases tiene asociado un tren de quemado como indica la figura.

Cada tren tiene un presostato de baja presión (alarma en "0"), un arreglo de 2 bloqueos con un venteo intermedio que trabajan o abiertos o cerrados, los bloqueos cuando se energizan se abren y el venteo cuando se energiza se cierra. Y a continuación de los bloqueos se encuentra una válvula reguladora que tiene un switch que cuando se activa indica que esta está en posición de Bajo Fuego ("1" = BF).

El sistema se compone por una entrada que es el resumen que todas las condiciones operativas están cumplidas (COND\_OK="1") , 2 sensores de llama que detectan a ambos combustibles (BS\_FP1 y BS\_FP2), llama presente = "1". Otra entrada es una llave que en "0" apaga la caldera y en "1" da inicio de arranque, la última entrada es una llave (SEL) que en "0" selecciona GN y en "1" selecciona FG.

Por último el sistema tiene una salida (IGNITOR) enciende el ignitor para prender el gas correspondiente y otra para indicar alarma (ALARMA).





Funcionamiento:

Inicialmente la caldera está apagada y los trenes de gas bloqueados (válvulas cerradas).

Cuando el sistema detecta que STRT paso a "1", entonces verifica que las condiciones operativas estén OK, cual combustible está seleccionado y para ese combustible revisa que la presión de suministro (antes de bloqueos) esté OK y la reguladora esté en Bajo Fuego. Si todo se verifica el sistema abre para el combustible seleccionado los bloqueos y cierra el venteo y energiza durante 10 segundos el ignitor, espera 5 segundos más y recién en ese momento verifica si existe llama, si no existe se apaga la caldera. La caldera también se apaga si hay baja presión del combustible en operación, las condiciones no están OK o STRT pasa "0". Si el arranque es exitoso la caldera queda operando con el combustible seleccionado.

Si durante el transcurso de la operación decido cambiar de combustible debo cambiar de posición la llave SEL, el sistema verifica que las condiciones estén OK, que la válvula del combustible a habilitar este en bajo fuego y que la presión de alimentación del combustible a habilitar esté normal, en ese caso quedan ambos trenes de gas habilitados. Si falla la presión en el nuevo combustible solo se cierran los bloqueos de este combustible. Si la caldera queda operando sobre un combustible pero tiene otro seleccionado por más de 5 segundos se debe dar alarma (ALARM).

Este modo de operación está habilitado por un máximo de 10 minutos, si se exceden los 10 minutos o para el combustible que se desea deshabilitar su reguladora llega a bajo fuego entonces el sistema debe bloquear el combustible con que venía funcionando y el sistema debe quedar internamente como que se hubiera arrancado la caldera con el nuevo combustible.

Salvo en el momento del arranque como se indica, en cualquier otra circunstancia la caldera se apaga si se pasa STRT a "0", falla total de indicación de llama o las condiciones operativas no están cumplidas.

**Ejercicio 2 (10 puntos)**

Se desea diseñar un equipo calefactor para una piscina. La piscina recibe un caudal de entrada  $Q$  de 5 L/s de agua a 10 °C y se conoce que debido a las pérdidas de agua el volumen de agua se mantiene constante en 2500L a lo largo del tiempo. Las pérdidas de calor al exterior se aproximan constante y de 400 cal/s.

El objetivo es mantener la temperatura de la piscina en  $(30 \pm 4)$  °C utilizando alguno de los siguientes equipos propuestos:

- a) Inyector de vapor a un serpentín ( $Q = 1000$  cal/s)
- b) Calefactor a gas ( $Q=750$  cal/s)
- c) Recirculación con calentadores solares ( $Q=500$  cal/s)

Decidir qué equipo sería más conveniente adquirir si se desea maximizar el período de oscilación y calcular el mismo. Dibujar la curva de temperatura en función del tiempo y de potencia entregada por el calentador en función de la temperatura del agua.

Nota:

Se asume que la temperatura del agua de la piscina es homogénea e igual a la temperatura del agua de las pérdidas.

Datos del agua:

Capacidad calorífica específica: 1 cal/(kg.°C)

Densidad: 1 kg/L

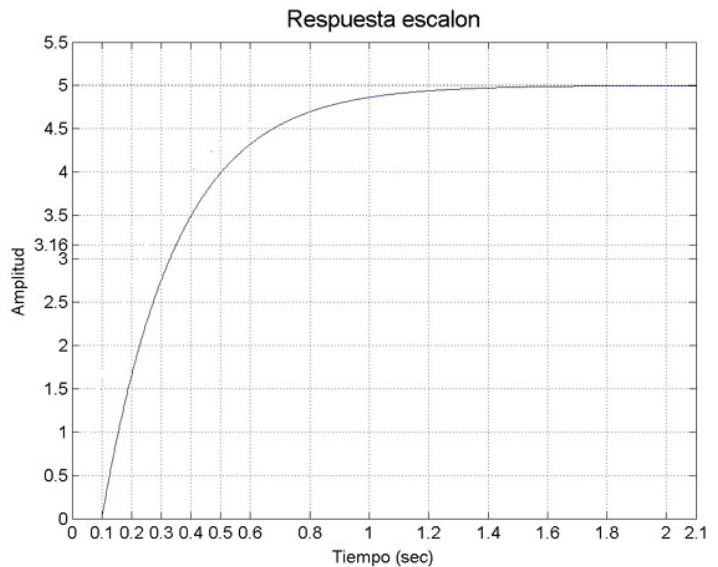
### **Ejercicio 3 (12 puntos)**

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

- a) Determinar los parámetros del modelo de la planta, conociendo que el mismo es aproximadamente el de un sistema de primer orden con retardo. 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.

- b) Determinar la estabilidad del sistema de control, en función de la constante del modo proporcional,  $K_p$ .
- c) Calcular los márgenes de estabilidad relativa para  $K_p$  igual a la mitad del valor crítico obtenido en la parte b).



### **Problema 4 (5 puntos – 2,5 puntos por cada correcta)**

- 1) Describa cómo se ve afectado el sobretiro, el error en régimen y el tiempo de asentamiento al aumentar las constantes proporcionales, integradoras y derivativas en un PID.

¿Qué es el anti-windup de un controlador PID?

- 2) En un programa de PLC donde en la línea 1 y en la línea 10 se verifican todas las condiciones que mandan a abrir la válvula en la salida 1; y en la línea 15 se verifican las condiciones que mandan a cerrar la misma válvula. ¿Explique en qué estado queda la válvula?

Describa el ciclo de operación del PLC e ilústrelo con un diagrama de bloques.

¿Qué sucedería si una variable varía con una frecuencia mayor que la del ciclo de operación?

# Hojas de fórmulas para 1<sup>er</sup> Parcial

(2013)

<b>Transformada de Laplace</b> $F(s)$	<b>Función en el tiempo</b> $f(t)$
$1$	Impulso unitario
$\frac{1}{s}$	Escalón unitario
$\frac{1}{s^2}$	$t$
$\frac{n!}{s^{n+1}}$	$t^n$ ( $n =$ entero positivo)
$\frac{1}{s+a}$	$e^{-at}$
$\frac{1}{(s+a)(s+b)}$	$\frac{e^{-at} - e^{-bt}}{b-a}$
$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$	$\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \text{sen}(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t)$ $0 < \zeta < 1$
$\frac{s}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$	$-\frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \text{sen}\left(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t - \text{Arctg}\left(\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}\right)\right)$
$\frac{1}{(1+Ts)^n}$	$\frac{1}{T^n (n-1)!} t^{n-1} e^{-t/T}$
$\frac{\omega_n^2}{(1+Ts)(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$	$\frac{T\omega_n^2 e^{-t/T}}{1-2\zeta T\omega_n + T^2\omega_n^2} + \frac{\omega_n e^{-\zeta\omega_n t} \text{sen}\left(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t - \text{Arctg}\left(\frac{T\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}}{1-T\zeta\omega_n}\right)\right)}{\sqrt{(1-\zeta^2)(1-2\zeta T\omega_n + T^2\omega_n^2)}}$
$\frac{\omega_n}{s^2 + \omega_n^2}$	$\text{sen}(\omega_n t)$
$\frac{\beta}{(s+\alpha)^2 + \beta^2}$	$e^{-\alpha t} \text{sen}(\beta t)$
$\frac{s+\alpha}{(s+\alpha)^2 + \beta^2}$	$e^{-\alpha t} \text{cos}(\beta t)$
$\frac{\omega_n}{(1+Ts)(s^2 + \omega_n^2)}$	$\frac{T\omega_n e^{-t/T}}{1+T^2\omega_n^2} + \frac{\text{sen}(\omega_n t - \text{Arctg}(T\omega_n))}{\sqrt{1+T^2\omega_n^2}}$
$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2)}$	$1 - \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \text{sen}\left(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t + \text{Arctg}\left(\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}\right)\right)$
$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + \omega_n^2)}$	$1 - \text{cos}(\omega_n t)$
$\frac{1}{s(1+Ts)}$	$1 - e^{-t/T}$