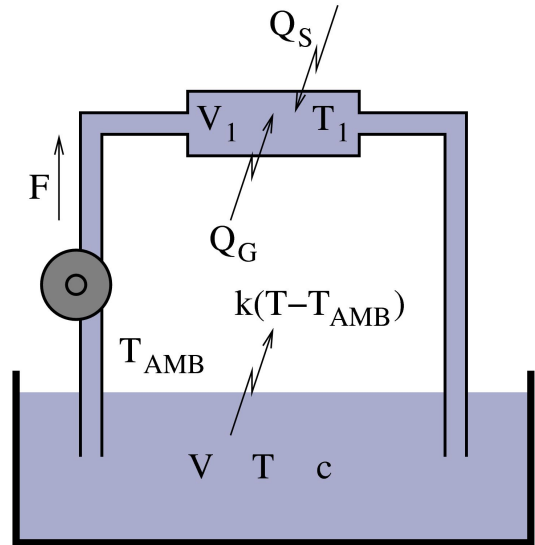


Problema 1

En la figura se representa un modelo simplificado de un sistema de calentamiento de agua de una piscina. El agua se calienta haciéndola circular por un intercambiador de calor donde recibe calor de 2 circuitos hidráulicos independientes (no representados en la figura). Un circuito aporta energía de origen solar y el otro aporta energía generada por la combustión de gas natural en una caldera; las potencias térmicas transferidas desde estos dos circuitos son Q_s y Q_G respectivamente. Una bomba mantiene un caudal F (de agua proveniente de la piscina) circulando por el intercambiador. Dentro del intercambiador, el agua de la piscina se encuentra a temperatura T_1 y ocupa un volumen V_1 constante. Dentro de la piscina, el agua se encuentra a temperatura T y ocupa un volumen V . La temperatura del ambiente donde se encuentra la piscina es T_{AMB} .



El objetivo de control es mantener la temperatura del agua de la piscina próxima a una temperatura de referencia T_{REF} dada, a pesar de las variaciones impredecibles en la potencia térmica de origen solar y la temperatura ambiente.

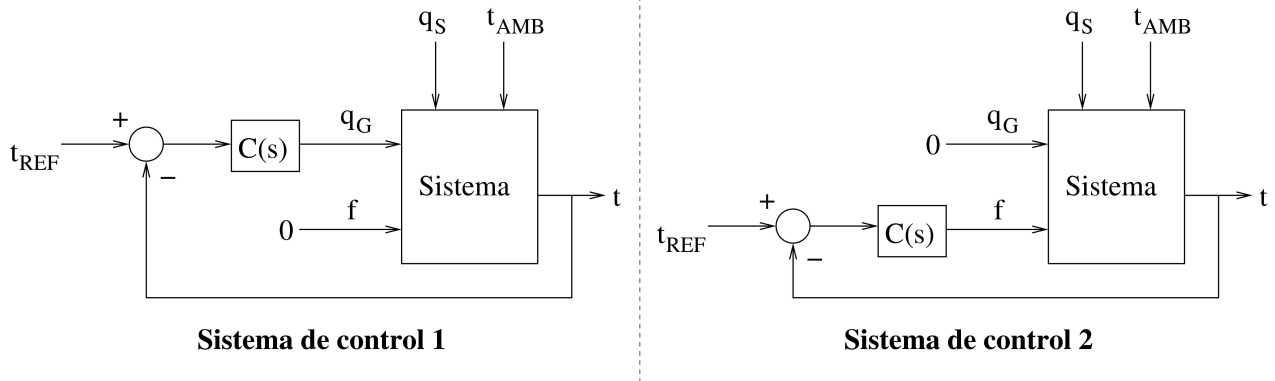
Se asume que:

- El volumen V de agua contenido en la piscina es constante (se desprecian las pérdidas de agua debidas a la evaporación y al normal uso de la piscina por parte de los bañistas).
- Las temperaturas T (del agua contenida en la piscina) y T_1 (del agua de piscina contenida en el intercambiador) son homogéneas.
- La transferencia de calor por unidad de tiempo desde el agua de la piscina hacia el ambiente es proporcional a la diferencia de temperaturas $T-T_{AMB}$ con constante complejiva de proporcionalidad k .
- No existen otras pérdidas de calor, más que la mencionada anteriormente, ni a través de las paredes de la piscina, ni por las cañerías, ni en el intercambiador.
- El calor específico volumétrico del agua c es constante.

- (1) Halle una representación en variables de estado del sistema, tomando T_1 y T como variables de estado, Q_G , Q_S , T_{AMB} y F como variables de entrada, y T como variable de salida.
- (2) Halle los valores de equilibrio de los estados, T_1^0 y T^0 , correspondientes al punto de operación: $Q_G = Q_G^0$, $Q_S = Q_S^0$, $T_{AMB} = T_{AMB}^0$ y $F = F^0$; donde Q_G^0 , Q_S^0 , T_{AMB}^0 y F^0 son constantes.
- (3) (3.i) Linealice el modelo hallado en (1) en torno al punto de operación descrito en (2).
 (3.ii) Halle la matriz de transferencia.
 (3.iii) Estudie la estabilidad del sistema en función de sus parámetros.
 (3.iv) Suponiendo que $V_1 \ll V$, halle todos los polos del sistema.

Para las restantes partes del problema se asume que: $V_1 \ll V$ y $k/c \ll F^0$.

Para controlar la temperatura de la piscina se dispone de un único controlador PID de tiempo continuo, caracterizado por una función de transferencia $C(s) = K_p \cdot (1 + K_i/s) \cdot (1 + K_D \cdot s)$, donde $K_p, K_i, K_D \geq 0$. Se proponen dos formas de insertar el controlador en el lazo de control:



donde $t = T - T^0$; $q_G = Q_G - Q_G^0$; $q_S = Q_S - Q_S^0$; $t_{AMB} = T_{AMB} - T_{AMB}^0$; $f = F - F^0$; y $t_{REF} = T_{REF} - T^0$.

Se requiere lo siguiente:

- i) Si la potencia térmica de origen solar Q_S se anula (por ejemplo durante la noche), o bien si la temperatura ambiente T_{AMB} cambia de T_{AMB}^0 a cualquier otro valor constante menor que la temperatura de referencia T_{REF} (constante), entonces, en régimen estacionario, la temperatura del agua de la piscina T debe ser igual a la temperatura de referencia.
 - ii) La mayor constante de tiempo del sistema controlado debe ser menor que la mayor constante de tiempo del sistema sin controlar.
- (4) (4.i) Elija uno de los dos sistemas de control propuestos justificando su elección. Para el sistema de control elegido, describa en qué modo de operación configurarías al PID: proporcional ($K_p > 0$; $K_i = K_D = 0$); proporcional-integral ($K_p, K_i > 0$; $K_D = 0$); proporcional-derivativo ($K_p, K_D > 0$; $K_i = 0$); o proporcional-integral-derivativo ($K_p, K_i, K_D > 0$). Justifique detalladamente su respuesta explicando la necesidad de cada acción de control.
- (4.ii) Encuentre condiciones *suficientes* sobre los parámetros del controlador para que se cumplan los requerimientos.

Sugerencia: Se recomienda un diseño basado exclusivamente en los polos dominantes del sistema a controlar.