



Universidad Nacional Experimental del Táchira.
Departamento de Ingeniería Electrónica.
Núcleo de Instrumentación y Control.
Autor: Prof. Tito González.
Revisores: Prof. Carolina Casanova, Tec. Yoel Vega.
San Cristóbal, Jueves 05 de Noviembre del 2009.

PRACTICA: MODOS DE CONTROL

Actividades de Laboratorio

INTRODUCCION.

Esta práctica, es un compendio de ejercicios individuales que estudian puntos específicos de los sistemas de control desde el controlador manual en lazo abierto hasta el controlador PI en lazo cerrado.

Por su misma característica de individualidad en la actividad, es muy probable que existan puntos de configuración y procedimiento que se repitan en diferentes ejercicios, no consecutivos necesariamente, lo cual se justifica por el aspecto didáctico de que para cada sección de laboratorio, estudiantes distintos realizan montajes diferentes en cada grupo o equipo de trabajo.

Por otra parte, se le indica al estudiante que para un correcto desarrollo de las actividades a realizar es necesaria la lectura previa del material titulado: “Sistemas de Control y Controladores” y “Descripción del Sistema Intercambiador de Calor” ha objeto de una completa comprensión de lo que se está realizando en cada ejercicio, para así poder contestar correctamente las preguntas planteadas en el Postlaboratorio al final de la práctica.

OBJETIVOS GENERALES.

1ra parte, ejercicios 3.1 al 3.6: Comparar el comportamiento del modo de control de lazo abierto, Control Manual, con el comportamiento del sistema en lazo cerrado en el cual no hay controlador o este tiene un valor unitario. En ambos casos, se observará el comportamiento con y sin la presencia de perturbaciones por la variación de la temperatura del líquido que entra al sistema intercambiador de calor.

2da parte, ejercicios 3.7 al 3.11: Apreciar el comportamiento del sistema en lazo cerrado cuando se está utilizando un controlador que modifica la señal de error que se suministra al proceso o intercambiador de calor. Para el controlador se utilizan las siguientes configuraciones: Control Proporcional, Control Proporcional + Integral. En ambos casos, se observará el comportamiento con y sin la presencia de perturbaciones por la variación de la temperatura del líquido que entra al sistema intercambiador de calor.

CONTENIDO.

- 3.1. Control de temperatura del intercambiador de calor en lazo abierto sin perturbaciones.
- 3.2. Control de temperatura del intercambiador de calor en lazo abierto con perturbaciones.
- 3.3. Respuesta del intercambiador de calor en lazo abierto sin perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.
- 3.4. Respuesta del intercambiador de calor en lazo cerrado sin perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.
- 3.5. Respuesta del intercambiador de calor en lazo abierto con perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.
- 3.6. Respuesta del intercambiador de calor en lazo cerrado con perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.
- 3.7. Control Proporcional de lazo cerrado, sin perturbaciones, K_p variable.
- 3.8. Control Proporcional de lazo cerrado, con perturbaciones, K_p variable.
- 3.9. Control Proporcional + Integral de lazo cerrado, sin perturbaciones, K_p fijo, τ_i variable.
- 3.10. Control Proporcional + Integral de lazo cerrado, sin perturbaciones, K_p variable, τ_i fijo.
- 3.11. Control Proporcional + Integral de lazo cerrado, con perturbaciones, K_p variable, τ_i fijo.
- 3.12. Postlaboratorio

3.1. Control de temperatura del intercambiador de calor en lazo abierto sin perturbaciones (Control Manual).

3.1.1. Objetivo del ejercicio.

Ajustar manualmente el valor de V_u a objeto de calentar el fluido de manera tal que la temperatura alcance y se mantenga en la consigna de $50\text{ }^\circ\text{C}$, equivalente a 5 Voltios, sin considerar el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.1, realizar los pasos que se indican a continuación.

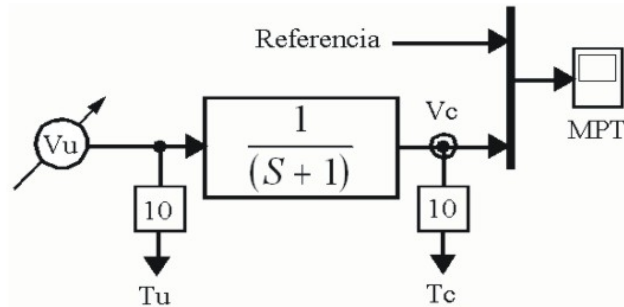


Figura 3.1. Sistema en lazo abierto sin perturbaciones

3.1.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación.
3. Ajustar el potenciómetro del bloque SET POINT al valor de cero voltios (50% de su rango).
4. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
5. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
6. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
7. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 1 y 18, 20 y 23, 24 y 29.

3.1.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 30$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 8$.
3. $N_{mis} = 200$.
4. $CLK = 133\text{ mS}$.
5. $V = 5\text{ Voltios}$, lo que es equivalente a una temperatura de referencia de $50\text{ }^\circ\text{C}$.
6. Amplíe la ventana del MPT.

3.2. Control de temperatura del intercambiador de calor en lazo abierto con perturbaciones (Control Manual).

3.2.1. Objetivo del ejercicio.

Ajustar manualmente el valor de V_u a objeto de calentar el fluido de manera tal que la temperatura alcance y se mantenga en la consigna de $50\text{ }^\circ\text{C}$, equivalente a 5 Voltios, considerando el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.2, realizar los pasos que se indican a continuación.

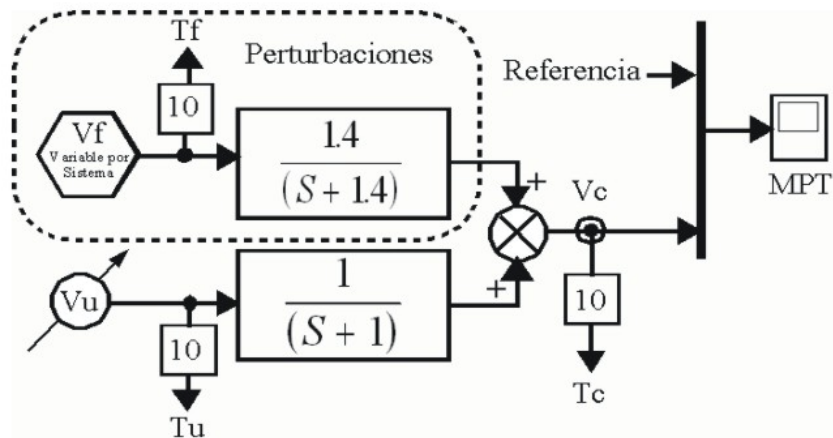


Figura 3.2. Sistema en lazo cerrado con perturbaciones

3.2.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Ajustar el potenciómetro del bloque SET POINT al valor de cero voltios (50% de su rango).
4. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
5. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
6. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
7. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 1 y 18, 20 y 23, 24 y 29.
8. Realizar los siguientes puentes de conexión para las perturbaciones (se sugiere utilizar los cables de color negro): 4 y 27, 28 y 33.

3.2.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 30$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 8$.

3.3. Respuesta del intercambiador de calor en lazo abierto sin perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.

3.3.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento del intercambiador de calor en lazo abierto cuando en la entrada del sistema se tiene una señal de consigna tipo escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a 50 °C. Esto sin considerar el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.3, realizar los pasos que se indican a continuación.

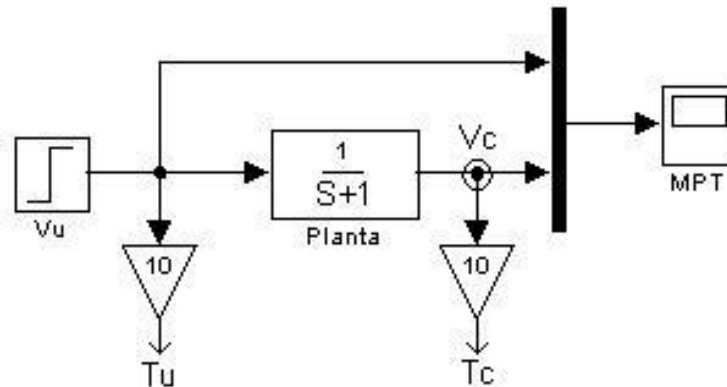


Figura 3.3. Respuesta del sistema en lazo abierto con entrada escalón no unitaria

3.3.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
6. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 18, 20 y 23, 24 y 29.

3.3.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 15$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 8$.
3. $N_{mis} = 200$.
4. $CLK = 75$ mS.
5. $V = 5$ Voltios, lo que es equivalente a una temperatura de referencia de 50 °C
6. Amplíe la ventana del MPT.

3.4. Respuesta del intercambiador de calor en lazo cerrado sin perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.

3.4.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento del intercambiador de calor en lazo cerrado cuando en la entrada del sistema se tiene una señal de consigna tipo escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a 50 °C. Esto sin considerar el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque. .

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.4, realizar los pasos que se indican a continuación.

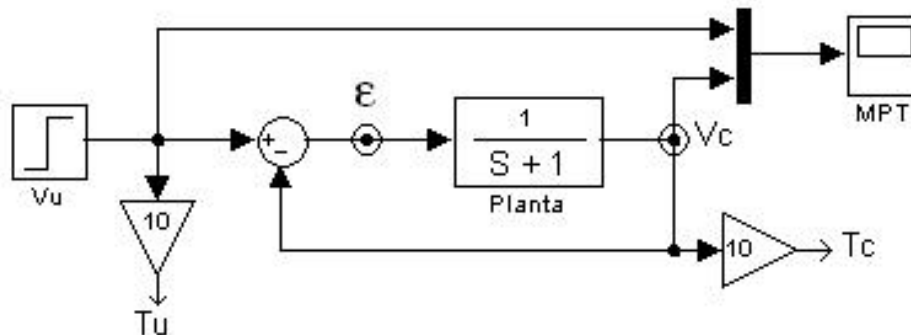


Figura 3.4. Respuesta del sistema en lazo cerrado con entrada escalón no unitaria.

3.4.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a: OFF, y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a: 2V, y REPEAT.
6. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 2, 7 y 18, 20 y 23, 24 y 29, 34 y 35.

3.4.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 15$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 8$.
3. $N_{mis} = 200$.
4. $CLK = 75$ mS.
5. $V = 5$ Voltios, lo que es equivalente a una temperatura de referencia de 50 °C.
6. Amplíe la ventana del MPT, de no estarlo ya.

3.5. Respuesta del intercambiador de calor en lazo abierto con perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.

3.5.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento del intercambiador de calor en lazo abierto cuando en la entrada del sistema se tiene una señal de consigna tipo escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a 50 °C. Esto considerando el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque. .

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.5, realizar los pasos que se indican a continuación.

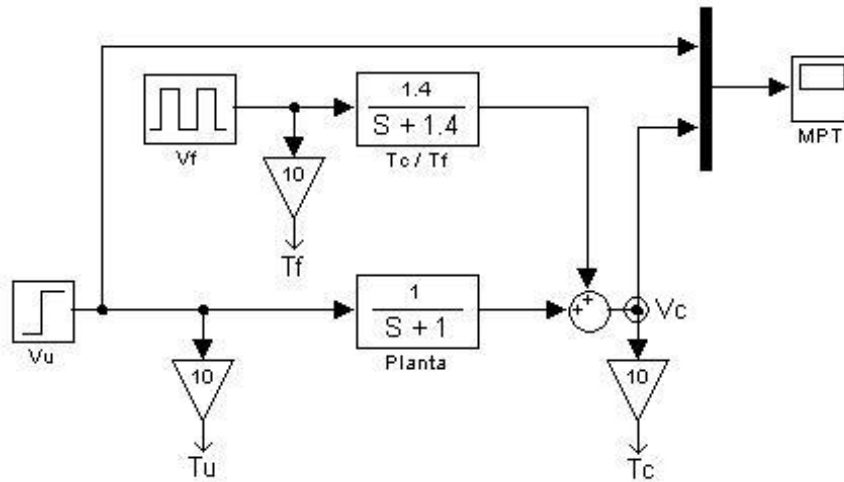


Figura 3.5. Respuesta del sistema en lazo abierto, entrada escalón no unitaria, y perturbaciones.

3.5.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
6. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 18, 20 y 23, 24 y 29.
7. Realizar los siguientes puentes de conexión para las perturbaciones (se sugiere utilizar los cables de color negro): 4 y 27, 28 y 33.

3.5.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 15$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 8$.

3.6. Respuesta del intercambiador de calor en lazo cerrado con perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.

3.6.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento del intercambiador de calor en lazo cerrado cuando en la entrada del sistema se tiene una señal de consigna tipo escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a 50 °C. Esto considerando el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.6, realizar los pasos que se indican a continuación.

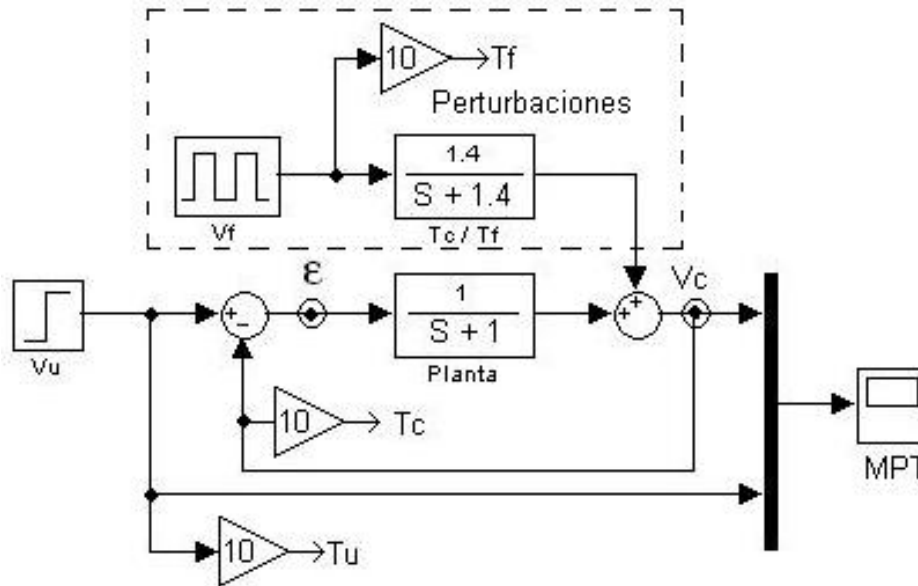


Figura 3.6. Respuesta del sistema en lazo cerrado, entrada escalón no unitaria, y perturbaciones.

3.6.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
6. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 2, 7 y 18, 20 y 23, 24 y 29, 34 y 35.
7. Realizar los siguientes puentes de conexión para las perturbaciones (se sugiere utilizar los cables de color negro): 4 y 27, 28 y 33.

3.7. Control Proporcional de lazo cerrado, sin perturbaciones en la temperatura del intercambiador de calor, K_p variable.

3.7.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento en la respuesta del Intercambiador de calor para determinar la magnitud del error en función del valor de la acción proporcional, K_p . Como señal de entrada, consigna, o referencia se tiene un escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a 50 °C. No se considera el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.7, realizar los pasos que se indican a continuación.

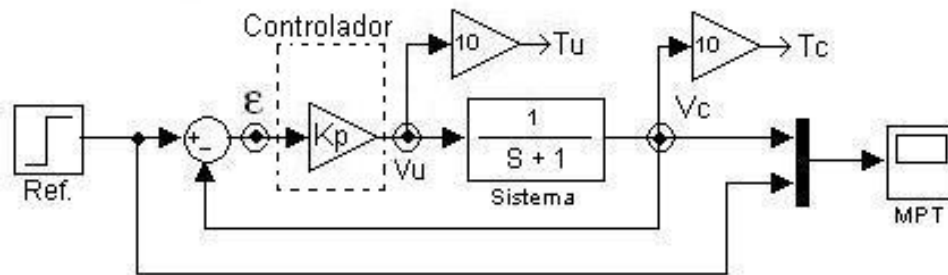


Figura 3.7. Control proporcional de lazo cerrado, sin perturbaciones.

3.7.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
6. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 2, 7 y 8, 14 y 18, 20 y 23, 24 y 29, 34 y 35.

3.7.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 5$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 6$.
3. $N_{mis} = 200$.
4. $CLK = 25$ mS.
5. $V = 5$ Voltios, lo que es equivalente a una temperatura de referencia de 50 °C.
6. Amplíe la ventana del MPT.

3.8. Control Proporcional de lazo cerrado, con perturbaciones en la temperatura del intercambiador de calor, K_p variable.

3.8.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento en la respuesta del Intercambiador de calor en régimen permanente en función del valor de la acción proporcional, K_p . Como señal de entrada, consigna, o referencia se tiene un escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a $50\text{ }^\circ\text{C}$. Se considera el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.8, realizar los pasos que se indican a continuación.

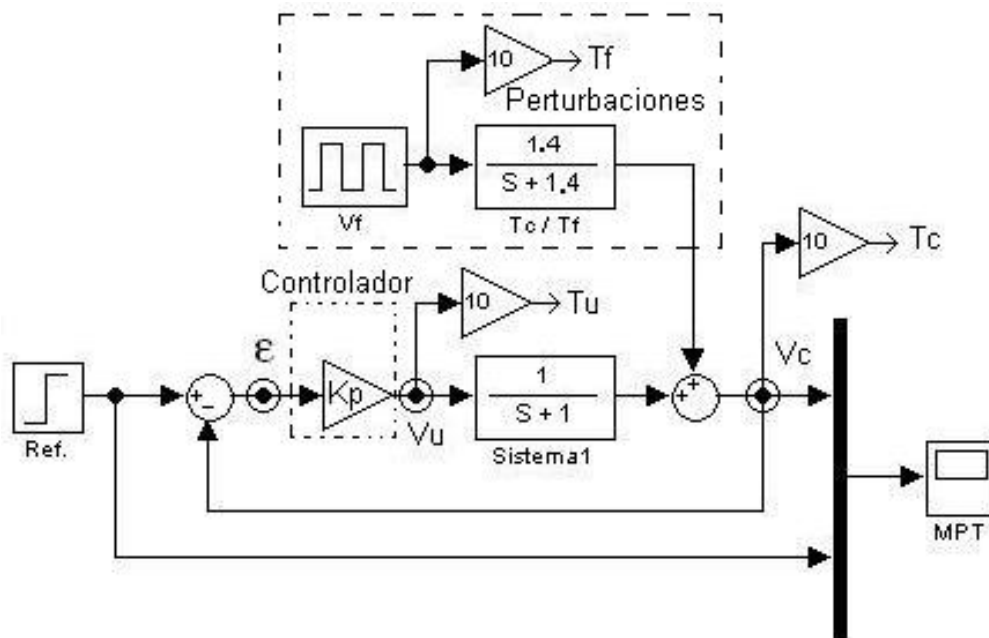


Figura 3.8. Control proporcional de lazo cerrado, con perturbaciones.

3.8.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
6. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 2, 7 y 8, 14 y 18, 20 y 23, 24 y 29, 34 y 35.
7. Realizar los siguientes puentes de conexión para las perturbaciones (se sugiere utilizar los cables de color negro): 4 y 27, 28 y 33.

3.8.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 15$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 6$.
3. $N_{mis} = 200$.
4. $CLK = 75$ mS.
5. $V = 5$ Voltios, lo que es equivalente a una temperatura de referencia de 50 °C.
6. Amplíe la ventana del MPT.

3.8.4. Procedimiento.

1. Verifique las conexiones con el Técnico del laboratorio o el Profesor.
2. Encienda el modulo G26.
3. Retire la conexión entre los puntos 24 y 29.
4. Encienda el modulo G26.
5. Grafique con el MPT en sincronización con el pulsador MAN RESET en el bloque RESET UNIT. **NO BORRE** ese resultado. Anote el color de la gráfica en el espacio a continuación:

--
6. Reconecte los puntos 24 y 29.
7. Grafique nuevamente con el MPT en sincronización con el pulsador MAN RESET en el bloque RESET UNIT para los siguientes valores de ganancia en K_p : (0 % del rango es: giro a izquierda para $K_p = 0.4$; B = 250 %)

Valor del potenciómetro K_p	Color de la gráfica
25 % del rango	
50% del rango	
100% del rango	

8. Capture la ventana del MPT y guardela como un archivo para efectos de Post-laboratorio.
9. Al terminar de graficar, apague el modulo G26.
10. Reduzca la ventana del MPT.

3.8.5. Observaciones sobre la práctica.

3.9. Control Proporcional + Integral de lazo cerrado, sin perturbaciones en la temperatura del intercambiador de calor, K_p fijo, T_i variable.

Para que el error en régimen permanente ante una entrada escalón sea cero, el sistema de control tiene que ser de tipo 1, es decir, la función de transferencia de lazo abierto debe presentar un polo en el origen (Integrador puro). Esto se logra en el caso de que el proceso sea de tipo 0, introduciendo la acción integradora en el controlador.

3.9.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento en la respuesta del Intercambiador de calor en régimen permanente en función del valor de la acción integral para un valor mínimo de la acción proporcional, K_p . Como señal de entrada, consigna, o referencia se tiene un escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a 50 °C. No se considera el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.9, realizar los pasos que se indican a continuación.

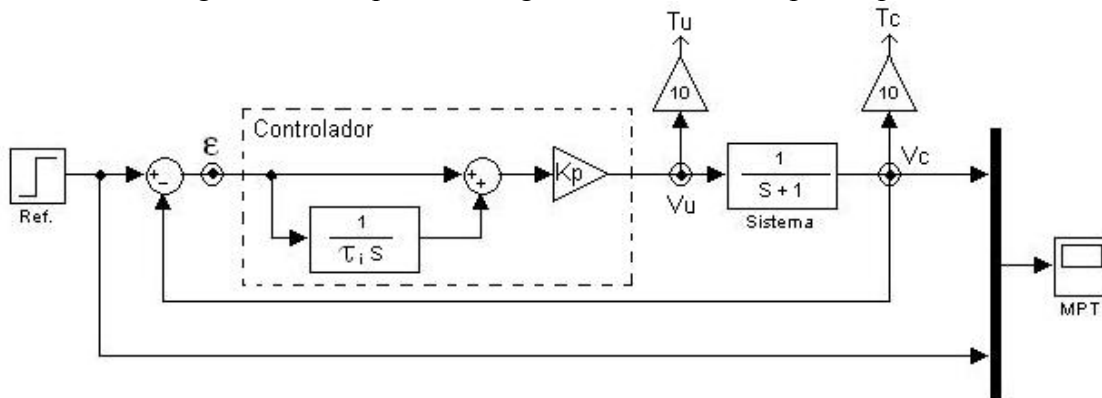


Figura 3.9. Control Proporcional Integral de lazo cerrado, sin perturbaciones.

3.9.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
6. Ajuste el valor de K_p a 0 % de su rango (0 % del rango es: giro a izquierda para $K_p = 0.4$; B = 250 %).
7. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 2, 7 y 8, 9 y 10, 14 y 18, 20 y 23, 24 y 29, 34 y 35.

3.9.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 15$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 6$.
3. $N_{mis} = 200$.
4. $CLK = 75$ mS.
5. $V = 5$ Voltios, lo que es equivalente a una temperatura de referencia de 50 °C.
6. Amplíe la ventana del MPT.

3.9.4. Procedimiento.

1. Verifique las conexiones con el Técnico del laboratorio o el Profesor.
2. Retire la conexión entre los puntos 9 y 10.
3. Encienda el modulo G26.
4. Grafique con el MPT en sincronización con el pulsador MAN RESET en el bloque RESET UNIT. **NO BORRE** este resultado y anote el color de la gráfica en el espacio a continuación:

--

5. Reconecte los puntos 9 y 10.
6. Grafique con el MPT en sincronización con el pulsador MAN RESET en el bloque RESET UNIT, para los siguientes valores de tiempo de integración, τ_i (0 % del rango es: giro a izquierda para $\tau_i = 4$ mS, ó 0.4 S)

Valor del potenciómetro τ_i	Color de la gráfica
0 % del rango	
75% del rango	
85% del rango	
100% del rango	

7. Capture la ventana del MPT y guardela como un archivo para efectos de Post-laboratorio.
8. Al terminar de graficar, apague el modulo G26.
9. Reduzca la ventana del MPT.

3.9.5. Observaciones sobre la práctica.

3.10. Control Proporcional + Integral de lazo cerrado, sin perturbaciones en la temperatura del intercambiador de calor, K_p variable, τ_i fijo.

3.10.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento en la respuesta del Intercambiador de calor en régimen transitorio en función de un valor constante en la acción integral para distintos valores de la acción proporcional, K_p . Como señal de entrada, consigna, o referencia se tiene un escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a 50 °C. No se considera el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.10, realizar los pasos que se indican a continuación.

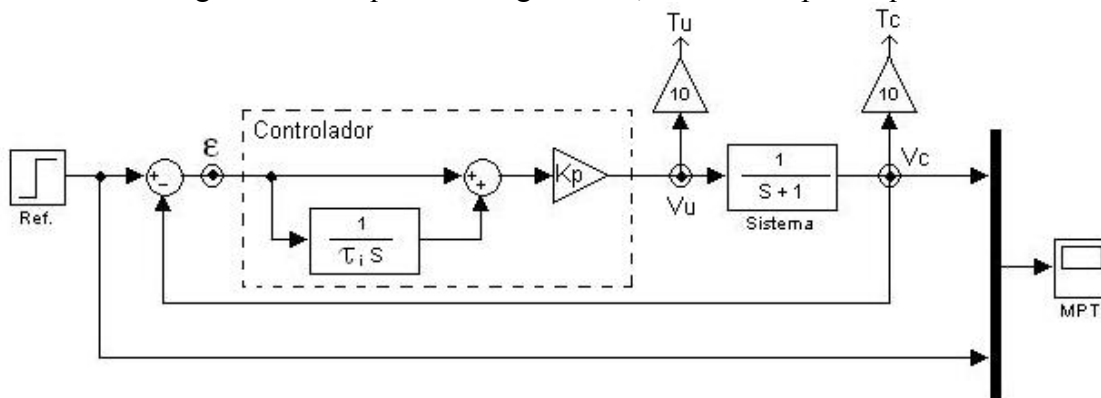


Figura 3.10. Control Proporcional Integral de lazo cerrado, sin perturbaciones.

3.10.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el módulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
6. Ajuste el valor de τ_i a 50 % de su rango (0 % del rango es: giro a izquierda para $\tau_i = 4$ mS, ó 0.4 S).
7. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 2, 7 y 8, 9 y 10, 14 y 18, 20 y 23, 24 y 29, 34 y 35.

3.10.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 5$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 8$.
3. $N_{mis} = 200$.

3.11. Control Proporcional + Integral de lazo cerrado con perturbaciones, en la temperatura del intercambiador de calor, K_p variable, T_i fijo.

3.11.1. Objetivo del ejercicio.

Observar el comportamiento en la respuesta del Intercambiador de calor en régimen permanente en función de un valor constante en la acción integral para distintos valores de la acción proporcional, K_p . Como señal de entrada, consigna, o referencia se tiene un escalón con amplitud de 5 Voltios, equivalente a 50 °C. Se considera el efecto de las posibles perturbaciones del sistema por variaciones en la temperatura del líquido que entra al tanque.

Para obtener el diagrama de bloques de la figura 3.11, realizar los pasos que se indican a continuación.

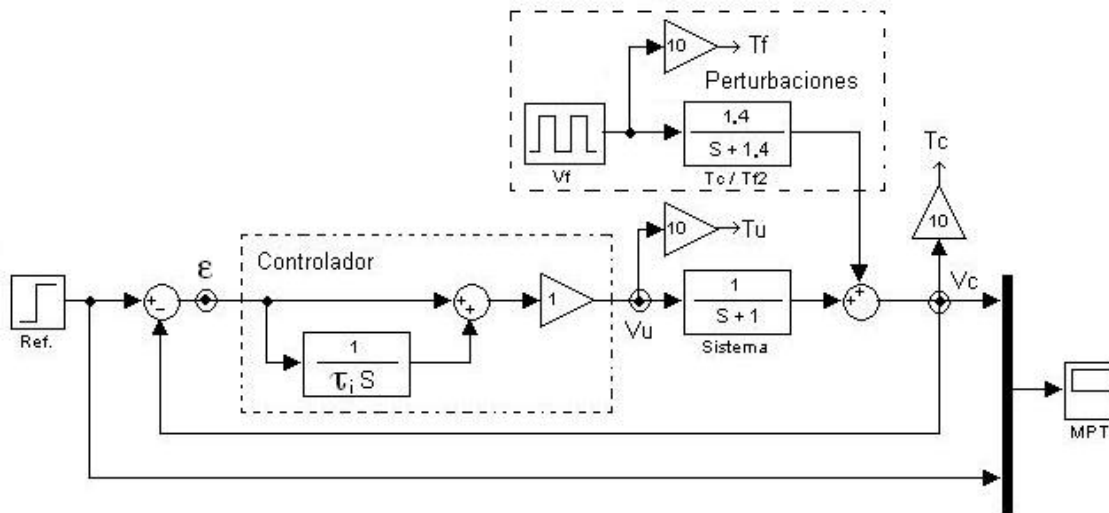


Figura 3.11. Control Proporcional Integral de lazo cerrado, con perturbaciones.

3.11.2. Configuración del módulo G26.

1. Verifique que el modulo se encuentre apagado.
2. Retire cualquier conexión que pueda existir en el módulo a excepción de las conexiones con la fuente de alimentación
3. Configurar el bloque PROCESS en SLOW, todas las funciones de transferencia en LAG, y la inversión en ODD.
4. Configurar el bloque RESET UNIT a OFF y SLOW.
5. Configurar el bloque SET / DISTURBANCE SIGNAL a 2V y REPEAT.
6. Ajuste el valor de T_i a 50 % de su rango (0 % del rango es: giro a izquierda para $T_i = 4$ mS, ó 0.4 S).
7. Realizar los siguientes puentes de conexión para el proceso (se sugiere utilizar los cables de color rojo): 41 y 2, 7 y 8, 9 y 10, 14 y 18, 20 y 23, 24 y 29, 34 y 35.
8. Realizar los siguientes puentes de conexión para las perturbaciones (se sugiere utilizar los cables de color negro): 4 y 27, 28 y 33.

3.11.3. Configuración del software MPT.

1. $X_m = 0$; $X_M = 15$.
2. $Y_m = 0$; $Y_M = 8$.
3. $N_{mis} = 200$.
4. $CLK = 75$ mS.
5. $V = 5$ Voltios, lo que es equivalente a una temperatura de referencia de 50 °C.
6. Amplíe la ventana del MPT.

3.11.4. Procedimiento.

1. Verifique las conexiones con el Técnico del laboratorio o el Profesor.
2. Retire la conexión entre los puntos 24 y 29.
3. Encienda el modulo G26.
4. Grafique con el MPT en sincronización con el pulsador MAN RESET en el bloque RESET UNIT. **NO BORRE** ese resultado. Anote el color de la gráfica en el espacio a continuación:

--

5. Reconecte los puntos 24 y 29.
6. Grafique con el MPT en sincronización con el pulsador MAN RESET en el bloque RESET UNIT, para los siguientes valores de ganancia proporcional, K_p : (0 % del rango es: giro a izquierda para $K_p = 0.4$; B = 250 %)

Valor del potenciómetro K_p	Color de la gráfica
0 % del rango	
50% del rango	
100% del rango	

7. Capture la ventana del MPT y guardela como un archivo para efectos de Post-laboratorio.
8. Al terminar de graficar, apague el modulo G26.
9. Reduzca la ventana del MPT.

3.11.5. Observaciones sobre la práctica.

3.12. Postlaboratorio.

3.12.1. Ejercicios 3.1 y 3.2.

1. ¿Como es el control en lazo abierto cuando no hay perturbaciones?.
2. ¿Como es el control de lazo abierto cuando hay perturbaciones?.
3. ¿Que tan acentuados son los cambios de temperatura aplicados cuando no hay perturbaciones?.
4. ¿Que tan acentuados son los cambios de temperatura aplicados cuando hay perturbaciones?.
5. ¿Si se aplican esos valores de tensión a la resistencia calefactora, como se afecta su vida útil sin perturbaciones y con perturbaciones?.
6. ¿En cual situación, la vida útil de la resistencia calefactora se ve más afectada de manera Adversa?.
7. ¿En ambos casos, se podría considerar que hay desperdicio de energía?.
8. ¿Es realmente útil el modo de control en lazo abierto?.
9. ¿Bajo que condiciones el modo de control de lazo abierto tiene aplicabilidad?

3.12.2. Ejercicios 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.

1. Determine en que valor de tiempo se estabiliza la señal de salida, T_c , para un sistema en lazo abierto sin perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.
2. Determine en que valor de tiempo se estabiliza la señal de salida, T_c , para un sistema en lazo cerrado sin perturbaciones ante una entrada escalón no unitaria.
3. ¿En un sistema sin perturbaciones, quien se estabiliza primero, el lazo abierto o el lazo cerrado?
4. ¿En un sistema sin perturbaciones, quien alcanza el valor de referencia o Setpoint de 5 Voltios?
5. Calcule la ganancia estática del sistema en lazo abierto y en lazo cerrado, cuando no hay perturbaciones, e indique si hay concordancia con los resultados gráficos obtenidos en estado estable.
6. ¿Cuales son las ventajas y desventajas del lazo abierto?
7. ¿Cuales son las ventajas y desventajas del lazo cerrado?
8. Si no existen perturbaciones; ¿Cual sistema deberíamos utilizar y porque?

9. Si existen perturbaciones; ¿Cual sistema deberíamos utilizar y porque?
10. ¿Que tan acentuados son los cambios de temperatura aplicados cuando no hay perturbaciones?.
11. ¿Que tan acentuados son los cambios de temperatura aplicados cuando hay perturbaciones?.
12. ¿Si hay perturbaciones y se aplican esos valores de tensión a la resistencia calefactora, como se afecta su vida útil?.
13. ¿En cual condición de lazo, la vida útil de la resistencia calefactora se ve menos afectada de manera adversa?.
14. ¿En que caso se podría considerar que hay desperdicio de energía?.
15. ¿Es realmente útil el modo de control en lazo cerrado?.
16. ¿Bajo que condiciones el modo de control de lazo cerrado tiene aplicabilidad?

3.12.3. Ejercicio 3.7.

1. ¿Que señal se está graficando para los diferentes valores de K_p ?
2. ¿Como se afecta el tiempo de estabilización a medida que se incrementa el valor de K_p ?
3. En estado estacionario, ¿Que representa la diferencia entre la consigna y la señal graficada?.
4. ¿Que sucede cuando se incrementa el valor de K_p ?
5. ¿Es significativa la diferencia en la respuesta obtenida para un valor de K_p del 75% y del 100% de su rango?.
6. ¿Será posible que la respuesta del sistema alcance el valor de referencia haciendo que el error en estado estacionario sea cero?.

3.12.4. Ejercicio 3.8.

1. ¿Para cada valor de K_p , cual es el valor promedio estimado en la temperatura del líquido?.
2. ¿Para cada valor de K_p , como es el valor estimado del error?
3. ¿Que efecto tiene en el comportamiento del sistema el incremento del valor de la ganancia K_p ?
4. En estado estacionario y para cada valor de K_p , ¿Que tan acentuados son los cambios de temperatura aplicados por medio de la resistencia calefactor?.
5. ¿Como se afecta la vida útil del resistor calefactor en lazo cerrado con Control P?.

6. ¿Como es la eficiencia energética en control P de lazo cerrado?.
7. RAZONAMIENTO: Si el valor de consigna fuese de tan solo 10 °C y se mantuviese el valor de las perturbaciones; ¿Para un valor de K_p del 100% de su rango se seguiría obteniendo un error mínimo?.

3.12.5. Ejercicio 3.9.

1. Al retirar las conexiones entre los puntos 9 y 10 según lo establecido en el procedimiento 3.9.4.2., ¿Que se está haciendo con esto?
2. ¿Que representa el gráfico obtenido en el procedimiento 3.9.4.4.?
3. ¿Que indica el valor de τ_i ?
4. En estado estacionario; ¿Cual es el efecto de la acción integradora en la respuesta del sistema?
5. En estado estacionario; ¿Es significativa la diferencia en el comportamiento del sistema para diferentes valores de τ_i ?
6. En estado transitorio; ¿Cual es el efecto de la acción integradora en la respuesta del sistema?.
7. En estado transitorio; ¿Es significativa la diferencia en el comportamiento del sistema para diferentes valores de τ_i ?
8. En estado transitorio y para cada valor de τ_i , ¿Que tan acentuados son los cambios de temperatura aplicados por medio de la resistencia calefactor?.
9. ¿Como se afecta la vida útil del resistor calefactor en lazo cerrado con Control PI?.
10. ¿Como es la eficiencia energética en control PI de lazo cerrado?.

3.12.6. Ejercicio 3.10.

1. ¿Cree Usted que se puedan asignar valores arbitrarios de K_p y τ_i al controlador?
2. En lazo cerrado; ¿Que efecto tiene el integrador en el sistema?.
3. En lazo cerrado; ¿Que efecto tiene la ganancia K_p en el sistema?.
4. ¿Como se afecta el tiempo de crecimiento al incrementar la ganancia K_p ?
5. ¿El sobrepaso o Sobre impulso observado, podría tener algún efecto negativo en la resistencia calefactor?.
6. En estado estacionario; ¿Cual es el efecto de la acción integradora en la respuesta del sistema?

7. En estado estacionario; ¿Es significativa la diferencia en el comportamiento del sistema para diferentes valores de K_p ?
8. En estado transitorio; ¿Cual es el efecto de la acción integradora en la respuesta del sistema?.
9. En estado transitorio; ¿Es significativa la diferencia en el comportamiento del sistema para diferentes valores de K_p ?
10. En estado transitorio y para cada valor de K_p , ¿Que tan acentuados son los cambios de temperatura aplicados por medio de la resistencia calefactora?.
11. ¿Como se afecta la vida útil del resistor calefactor en lazo cerrado con Control PI?.
12. ¿Como es la eficiencia energética en control PI de lazo cerrado?.

3.12.7. Ejercicio 3.11.

1. En estado estacionario; ¿Cual es el efecto de la acción integral en la respuesta del sistema?.
2. En estado estacionario; ¿Cual es el efecto de la acción proporcional en la respuesta del sistema?.
3. ¿Que efecto tiene un controlador PI sobre el comportamiento general del sistema?.
4. En estado estacionario; ¿Es significativa la diferencia en el comportamiento del sistema para diferentes valores de K_p ?
5. En estado transitorio; ¿Cual es el efecto de la acción integradora en la respuesta del sistema?.
6. En estado transitorio; ¿Es significativa la diferencia en el comportamiento del sistema para diferentes valores de K_p ?
7. Para cada valor de K_p , ¿Que tan acentuados son los cambios de temperatura aplicados por medio de la resistencia calefactora?.
8. ¿Como se afecta la vida útil del resistor calefactor en lazo cerrado con Control PI?.
9. ¿Como es la eficiencia energética en control PI de lazo cerrado?.