



TRABAJO PRACTICO FINAL DE LABORATORIO I

Control de Temperatura de un Horno

Profesor: SACO, Roberto

Integrantes: ARTUSO, Germán
BALASINI, Ariel
BERTI, Osvaldo
GALICCHIO, Pablo
JASZCZYSZYN, Adrián



INDICE

1- Objetivo	3
2- Descripción de la planta	3
3- Descripción del tablero	3
4- Descripción del PLC	5
5- Escalamiento de entradas analógicas.....	
6- Funcionamiento del modo seguimiento.....	
7- Modo manual.....	
8- Control de la planta	
9- PWM	
10 - Sintonización	
11- Programa en Ladder	



1- OBJETIVO

El objetivo del trabajo consiste en el control de temperatura de la planta simulando un horno, usando el PLC Momentum con CPU 171 CCS 760 00-IEC con el modulo analógico AMM-090-00. La programación que fue implementada para el funcionamiento de la planta tiene dos modos:

- Manual: En el cual se maneja el set-point de la planta con un potenciómetro.
- Seguimiento: En el cual por medio de programa la planta sigue un ciclo de trabajo.

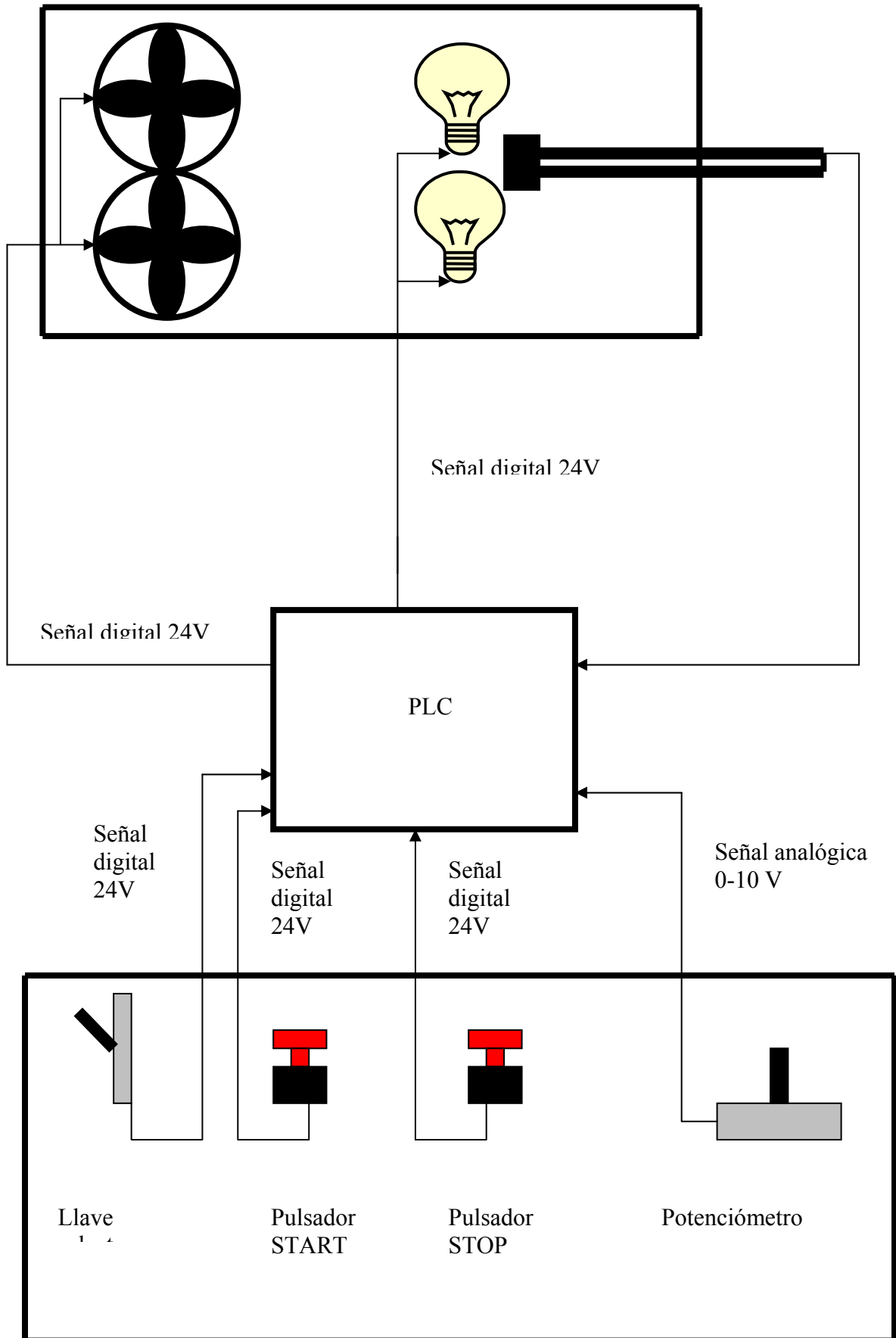
2- DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La planta esta compuesta por:

- Un calentador simulado por un par de lámparas que funcionan con una señal digital de 24 Vcc
- Una acción refrigeradora simulada por un par de ventiladores que funcionan con una señal digital de 24 Vcc.
- Un sensor de temperatura compuesto por un transistor que nos entrega 2.73mV/°C, que fue regulado para que entregue una salida de 0-10V cuando tenemos 0-100°C .

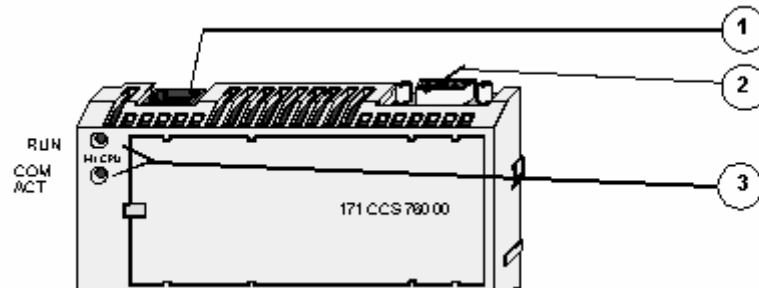
3- DESCRIPCIÓN DEL TABLERO

- Dos pulsadores START y STOP , la cual enciende o apaga el sistema.
- Una llave selectora SEGUIMIENTO/MANUAL, la cual seleccionara entre las dos formas de funcionamiento de la planta.
- Un pulsador de emergencia, que funciona solo en el modo SEGUIMIENTO llevando a la planta a un estado seguro.



4- DESCRIPCIÓN DEL PLC

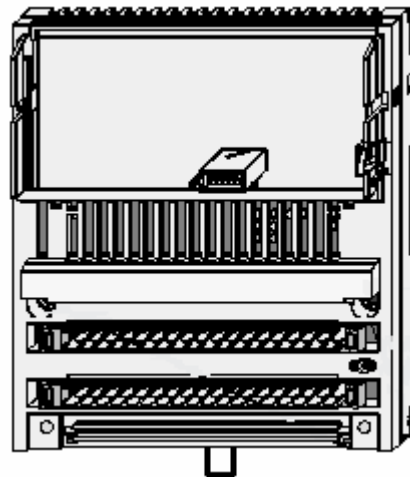
El control se realiza con el PLC anteriormente mencionado, una esquematización del mismo es:



- 1) Puerto Modbus (ficha RJ45)
- 2) Conector I/O (9 Pines)
- 3) Led indicador

Posee una memoria interna de 256 Kbytes, una memoria flash de 256 Kbytes y la velocidad del reloj es de 20 MHz.

5 -El modulo analógico:



El modulo consta de:

- 4 canales analógicos de entrada.
- 2 canales analógicos de salida.
- 4 entradas digitales.
- 2 salidas digitales.

En el proyecto usamos dos entradas analógicas, una para el sensor de temperatura y la otra para el potenciómetro. También usamos 4 entradas digitales que para START, STOP, PARADA DE EMERGENCIA Y



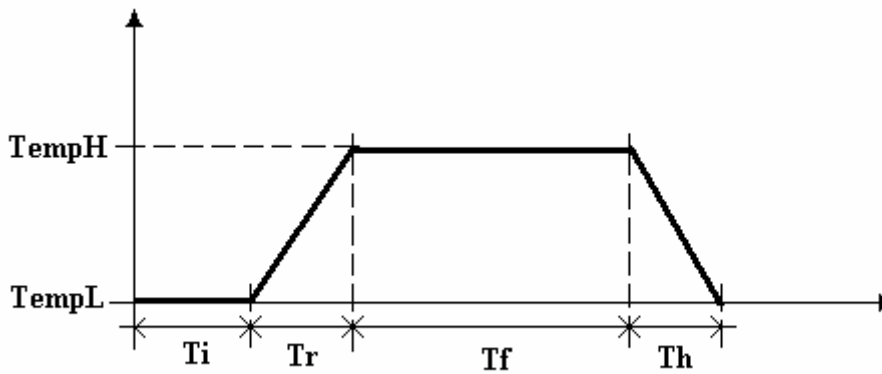
MODO SEGUIMIENTO / MANUAL y por último usamos las dos salidas digitales para el control de las lámparas y los ventiladores.

Escalamiento de entradas analógicas

El escalamiento que hicimos funciona de la siguiente manera, cuando en la entrada tenemos 0 Volt la palabra es 0 que equivale a 0 °C y para 10 Volt la palabra es 32768 equivalente a 100 °C.



Funcionamiento del modo seguimiento

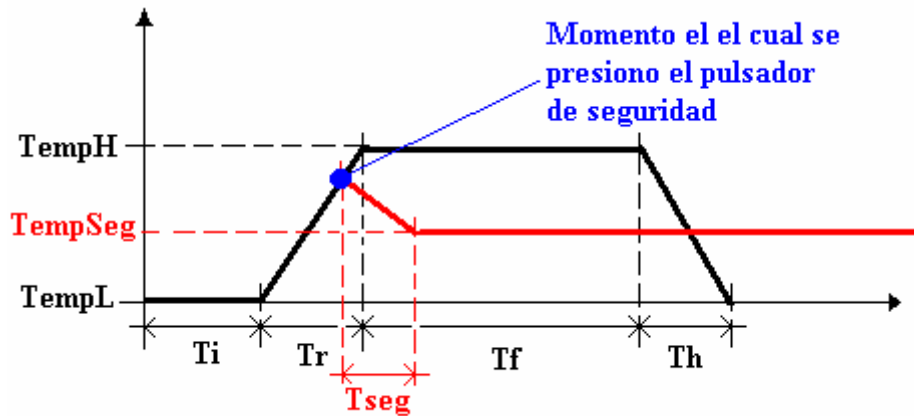


El modo seguimiento es un ciclo de trabajo periódico que la planta sigue. Se setea para ello ciertos parámetros, a saber: una temperatura baja ($TempL$) y una alta ($TempH$) que son variables REALES entre 0-100 y cuatro tiempos: Tiempo de espera en temperatura baja (T_i), Tiempo de crecimiento hasta temperatura alta (T_r), Tiempo de espera en temperatura alta (T_f), Tiempo de decrecimiento hasta temperatura baja (T_h), estas variables son de tipo TIME.

En este modo tenemos la posibilidad del uso de un pulsador de emergencia que lleva a la planta a una temperatura de seguridad



(TempSeg) en un tiempo previamente seteado (Tseg). El mismo podrá presionarse en cualquier momento del ciclo de trabajo.



MODO MANUAL

En el modo manual, el set-point se regula con un potenciómetro ubicado en el tablero que entrega como salida una señal de tensión de 0-10Vcc que en el PLC lo transformamos a un valor de 0-100 en valor REAL que nos indicaría nuestra entrada de temperatura seleccionada o fijada.

CONTROL DE LA PLANTA

La utilidad de los controladores PID estriba en que se aplican en forma casi general a la mayoría de los sistemas de control. En los sistemas para control de procesos es un hecho bien conocido que los esquemas de control PID básicos y modificados han demostrado su utilidad para encontrar un control satisfactorio.

$$H(s) = Kp \left(1 + \frac{1}{Ti * s} + Td * s \right)$$

Donde :

Kp es la ganancia proporcional.

Ti es el tiempo integral

Td es el tiempo derivativo

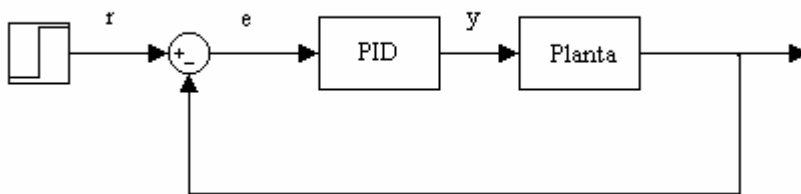


K_p da una salida del controlador que es proporcional al error . Este control presenta el problema que la temperatura jamas se estabiliza en el valor SP, lo que produce un error estacionario.

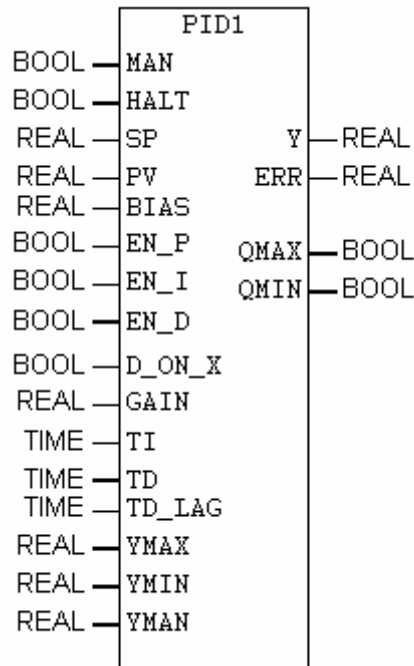
K_d tiene carácter de previsión, lo que hace más rápida la acción de control, aunque tiene la desventaja que amplifica las señales de ruido que puede provocar la saturación del controlador.

K_i se dedica a mejorar el error estacionario, pero hace el sistema mas lento

Para el control de la planta se uso un controlador PID (control proporcional, integrativo y derivativo).



En la siguiente figura veremos la forma de aplicación del PID.



Formula

$$Y = YP + YI + YD + BIAS$$

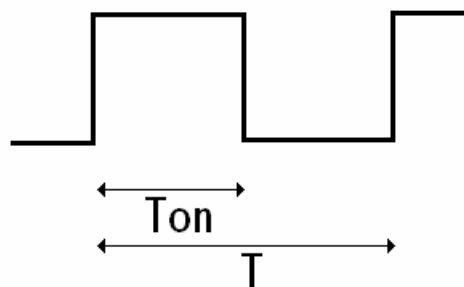
Disturbance
D-portion
I-portion
P-portion

Descripción de parámetros :

Parameter	Data Type	Meaning
MAN	BOOL	"1" = manual mode
HALT	BOOL	"1" = halt mode
SP	REAL	Setpoint value input
PV	REAL	Process variable
BIAS	REAL	Disturbance input
EN_P	BOOL	"1" = P-portion on
EN_I	BOOL	"1" = I-portion on
EN_D	BOOL	"1" = D-portion on
D_ON_X	BOOL	"1" = D-portion on process variable; "0" = D-portion on system deviation
GAIN	REAL	Proportional rate (gain)
TI	TIME	Reset time
TD	TIME	Derivative action time
TD_LAG	TIME	Lag time of D-portion
YMAX	REAL	Upper control limit
YMIN	REAL	Lower control limit
YMAN	REAL	Manual manipulated variable
ERR	REAL	System deviation output
Y	REAL	Manipulated variable
QMAX	BOOL	"1" = Y output has reached upper control limit
QMIN	BOOL	"1" = Y output has reached lower control limit

PWM (Modulación de ancho de pulso)

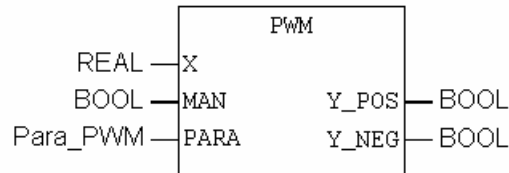
El PWM se utiliza para regular potencia.



T es fijo y lo que se regula es el Ton

$$\text{Ciclo de Trabajo} = \text{Ton} / T * 100 [\%]$$

Diagrama de bloque de función del PWM del Ladder:



Parameter	Data Type	
X	REAL	
R	BOOL	Señal de entrada
PARA	Para_PWM	MAN: Reset (1: salidas en 0 , 0: salidas generan el PWM)
Y_POS	BOOL	Y_Pos: Salida Positiva (X > 0)
Y_NEG	BOOL	Y_Neg: Salida Negativa (X < 0)
Para_PWM		
Element	Data Type	
t_period	TIME	Período PWM
t_pause	TIME	Tiempo de pausa antes del prox. PWM
t_brake	TIME	Tiempo de la señal de frenada
t_min	TIME	Tiempo min. de Ton
t_max	TIME	Tiempo máx. de Ton
up_pos	REAL	Límite máx. de X
up_neg	REAL	Límite min. de Ton

Ton ~X

Como se calcula X

Si $X > 0$ entonces:

$$\text{Ton} = t_period * X / up_pos \quad 0 < X < up_pos$$

Si $X < 0$ entonces:

$$\text{Ton} = t_period * \text{mod}(X) / up_neg \quad 0 < -X < up_pos$$

Nota: Se aconseja :

$$t_period / \text{tiempo scan} \geq 10$$



SINTONIZACIÓN

El PID fue sintonizado en un principio por el método de Ziegler-Nichols. Este proporciona un métodos de sintonización según las características de la planta.

Uno de los métodos se basa en el lazo de control solo con ganancia proporcional y de acuerdo a la ganancia utilizada para que el sistema empiece a oscilar, y con el período de esas oscilaciones podemos establecer las ganancias del controlador PID.

Kc. Ganancia crítica. Se logra cuando empieza a oscilar.

El PID queda sintonizado de la siguiente forma:

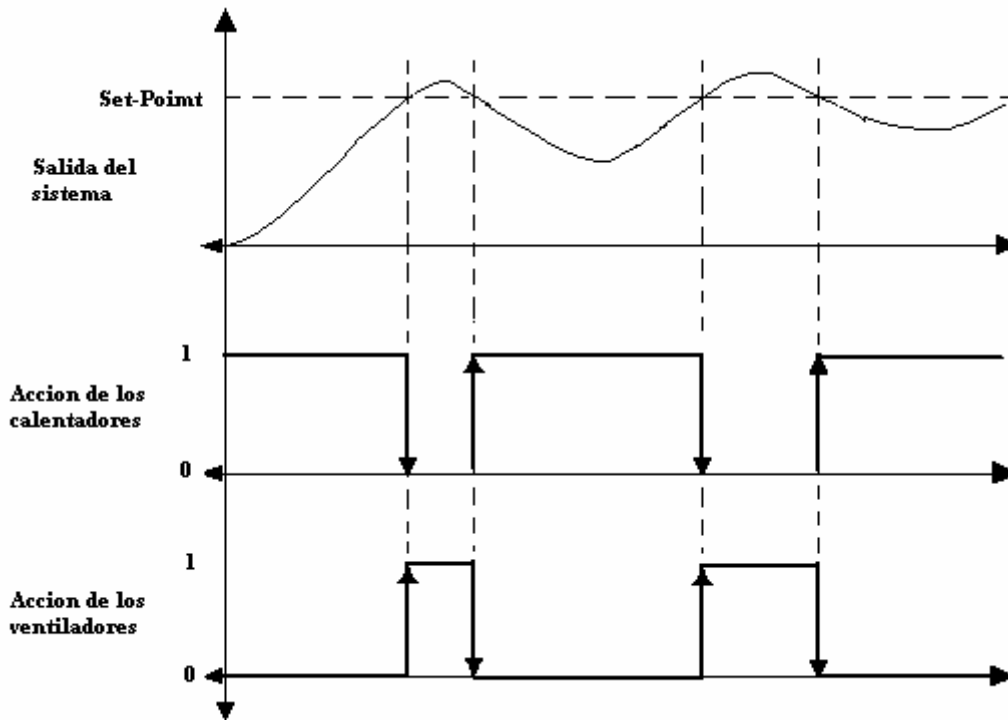
$K_p=0.6K_c$.

$T_i=0.5P_c$ $T_d=P_c/8$.

Donde P_c : Período de oscilación.

Este sistema trajo aparejado varios problemas. Uno de ellos fue que la salida del PID saturaba mientras controlaba, por lo que desistimos del método de Ziegler- Nichols.

Otra dificultad que se nos presentó fue que al accionarse los ventiladores la temperatura bajaba significativamente. La solución fue que solo funcionen si el error entregado por el PID era menor a -2°C .



Una posible solución era que los ventiladores sólo funcionaran si la temperatura del horno superara en 2°C a la dada por el Set-Point, esto solucionó en gran parte nuestro problema.

Esta última modificación permitía que al llegar la variable de proceso (PV) al valor del Set-Point el control regulara el sistema solo con las lámparas, ósea, las lámparas compensaban la pérdida de calor propia del sistemas.

Por último al realizar estos cambios solo notamos que nos quedaba una pequeña oscilación, lo solucionamos incrementando el valor T_d , con este pequeño cambio obtuvimos una salida razonable.

LA SINTONIZACIÓN DEFINITIVA: Viendo que al trabajar con todas las ganancias juntas se hacia difícil sintonizar este, decidimos aplicar las ganancias una por vez.

Primero anulamos la ganancia derivativa e integrativa, con lo que nos quedamos solamente con la proporcional.

Después de varias pruebas nos quedamos con un valor de ganancia que iba desde 5 a 10.

Luego activamos la ganancia integrativa, con lo que se mejoró el error en régimen permanente obteniendo valores entre 1.5 a 3 segundos. Por último activamos la acción derivativa y encontramos valores entre 0.35 a 0.5 segundos.



De todos estos valores nos quedamos con los que obtuvimos una respuesta no saturada, de acción rápida y con un error de régimen estacionario del 10%.

$$\mathbf{K_p=8 \quad K_i=2.5 \text{ seg.} \quad K_d=0.4 \text{ seg.}}$$

Conclusiones

El control de la planta se logro satisfactoriamente con un sobre error menor al 20% y un error estacionario de $\pm 1^\circ\text{C}$, teniendo esta una gran dinámica.

El apoyo de las herramientas teóricas lograron una aproximación del control de la planta, pero en la práctica se realizaron varias pruebas para hacer las correcciones en el control