

CONTROL DE TEMPERATURA BOMBILLA

Sebastian Ardila Leal - 2172308
Jonathan Yesid Hernández Bautista - 2172322
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Santander, Colombia
sebastian2172308@correo.uis.edu.co,
jonathan2172322@correo.uis.edu.co

Abstract—En este informe de laboratorio se condensará la información completa, sobre el proyecto de control, mostrando los respectivos resultados obtenidos a lo largo del semestre.

I. INTRODUCCIÓN

En esta práctica de laboratorio se tuvo como fin el análisis de un sistema de control, en nuestro caso la elección fué el control de temperatura de una bombilla incandescente, todo esto se realizó mediante la ayuda del software MATLAB junto a Arduino, para la respectiva recolección de datos que nos ayudaron a la identificación del respectivo modelo y a su vez para el análisis del LGR de nuestro sistema, permitiéndonos así el diseño sobre el mismo.

II. MATERIALES

- Relé de estado sólido G3MB-202P
- Jumpers
- Bombillo de 15W
- Arduino Uno
- Cinta aislante
- LM35
- Plafon
- Cable para conexión.

III. METODOLOGÍA

- 1) Se armó el montaje con el bombillo, el rele y el sensor de temperatura.
- 2) Se usó arduino, matlab, PLX-DAQ y excel para tomar los datos de la planta y poder caracterizarlo para obtener su función de transferencia.
- 3) Con la función de transferencia se discretizó la planta en matlab y con sisotool se procedió a hallar el controlador más adecuado.
- 4) Con los controladores obtenidos se implementó en arduino para verificar su correcto funcionamiento.

IV. IMPLEMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA

Respecto a la implementación de la planta tenemos el montaje realizado en la Figura 1, el cual fué obtenido mediante la guía de conexión encontrada en la página de CTMS MATLAB (Ver Figura 2).

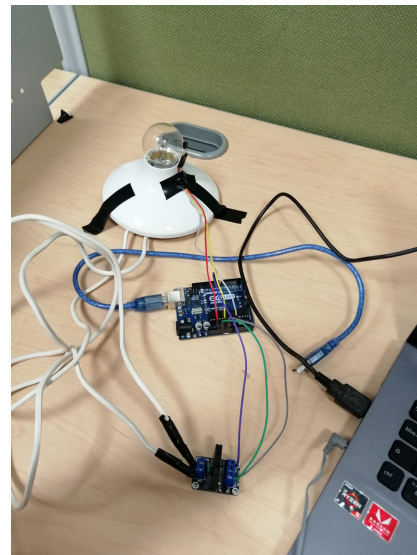


Fig. 1. Montaje Realizado.

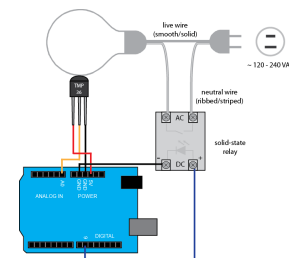


Fig. 2. Montaje guía CTMS.

Pasando a la caracterización de la planta, se obtuvieron los datos mediante la captura del puerto serial del arduino con la aplicación PLX-DAQ, esta aplicación permite al microcontrolador, interactuar con una planilla de EXCEL, para luego subir los datos de temperatura a MATLAB y con ayuda de System Identification obtener la respectiva planta, como podemos ver en la figura 3.

```

0.8482
-----
s + 0.01494
Fit to estimation data: 93.84%

```

Fig. 3. Resultado System Identification.

Del resultado de System Identification podemos apreciar un gran porcentaje de aproximación, sin embargo es necesario hacer un cálculo de manera teórica, CTMS lo hace mediante la gráfica de la respuesta al escalón, de manera que la ganancia en DC del sistema será la máxima temperatura alcanzada (58.11) - la temperatura inicial (28.32) = 30.77, y respecto al Tau, este se calcula al obtener el 63% del cambio total (76 [s]), con esos datos la función de transferencia de nuestro modelo queda como podemos ver en la figura 4.

$$P = \frac{56.7}{76s + 1}$$

Fig. 4. Modelo Teórico.

Entonces con el modelo Teórico listo, podemos realizar una respuesta al escalón con ayuda de MATLAB y observar la diferencia entre el modelo entregado por System Identification y el modelo obtenido de manera teórica (Ver Figura 5).

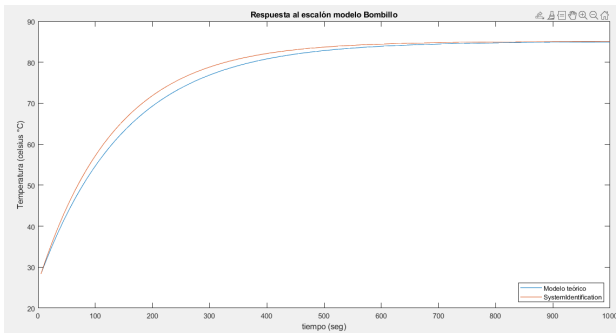


Fig. 5. Comparación M.Teórico y M.SysIdentif.

Lo que nos deja ver que realmente es una aproximación muy válida respecto a nuestro modelo teórico.

V. DISEÑO CONTROLADOR

Para el diseño del controlador es necesario observar nuestro equivalente discreto, por lo que fué necesario aplicar el operador asterisco, luego de observar el punto en el que se encuentra nuestro discretizador en el sistema (Ver Figura 6). De la figura anterior y realizando el operador asterisco, obtenemos el siguiente equivalente discreto con su función respectiva (Ver Figura 7).

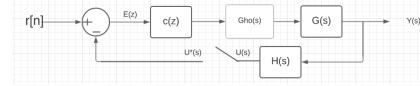


Fig. 6. Lazo cerrado.

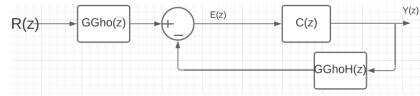


Fig. 7. Equivalente Discreto.

Con el equivalente discreto listo, conseguimos la siguiente función de transferencia:

$$\frac{Y(z)}{R(z)} = \frac{GGho(z)C(z)}{1 + GGhoH(z)C(z)} \quad (1)$$

Después de discretizar los respectivos bloques, seleccionamos el criterio $Ts = \tau/10$. Ahora con nuestro lazo abierto nos corresponde diseñar nuestro controlador, pero debemos hacer algo relativamente posible, por lo tanto de nuestra respuesta al escalón observamos lo siguiente (Ver Figura 8)

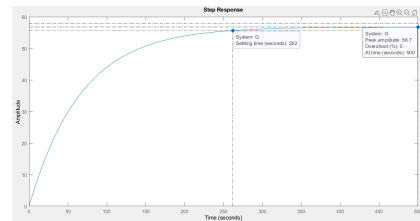


Fig. 8. Respuesta al escalón.

De la respuesta al escalón podemos ver que sería quizás razonable establecer las siguientes condiciones de diseño.

$$ts < 150[s]$$

$$ess = 0\%$$

Para lo cual entonces con uso de MATLAB y su herramienta Sisotool, estableciendo las respectivas zonas de diseño observamos que podemos implementar el siguiente controlador:

Controlador Proporcional

$$C(z) = 2.464$$

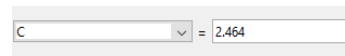


Fig. 9. C.proporcional.

$$u[n] = 2.464e[n] \quad (2)$$

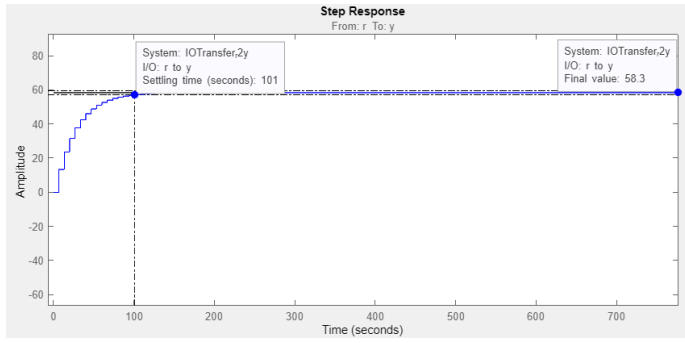


Fig. 10. Respuesta C.proporcional.

Controlador PI

$$11 \times \frac{(z - 0.83)}{(z - 1)}$$

Fig. 11. C.PI.

$$u[n] = u[n - 1] + 11e[n] - 9.13e[n - 1] \quad (3)$$

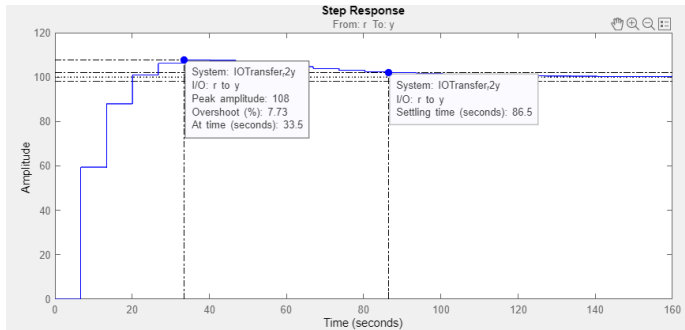


Fig. 12. Respuesta C.PI.

Controlador Atraso

$$1.183 \times \frac{(z - 0.616)}{(z - 0.777)}$$

Fig. 13. C.atraso.

$$u[n] = 0.77u[n - 1] + 1.183e[n] - 0.728e[n - 1] \quad (4)$$

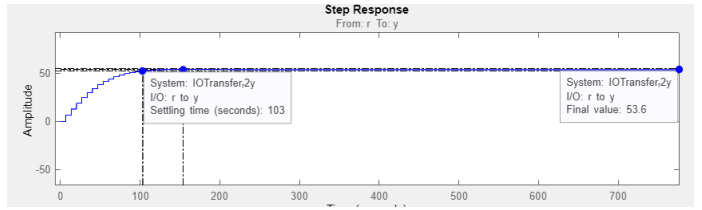


Fig. 14. Respuesta C.atraso.

Controlador Adelanto

$$8.7953 \times \frac{(z - 0.9)}{(z - 0.568)}$$

Fig. 15. C.adelanto.

$$u[n] = 0.3u[n - 1] + 37.13e[n] - 32.68e[n - 1] \quad (5)$$

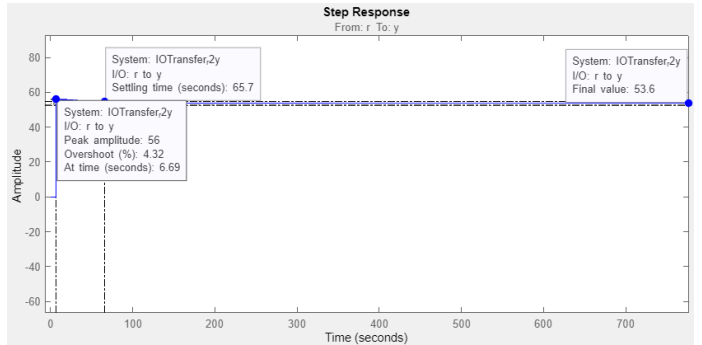


Fig. 16. Respuesta C.adelanto.

Controlador PID

$$10 \times \frac{(z - 0.855)(z - 0.0941)}{(z - 1)z}$$

Fig. 17. C.PID.

$$u[n] = u[n - 1] + 10e[n] - 9.49e[n - 1] + 0.8e[n - 2] \quad (6)$$

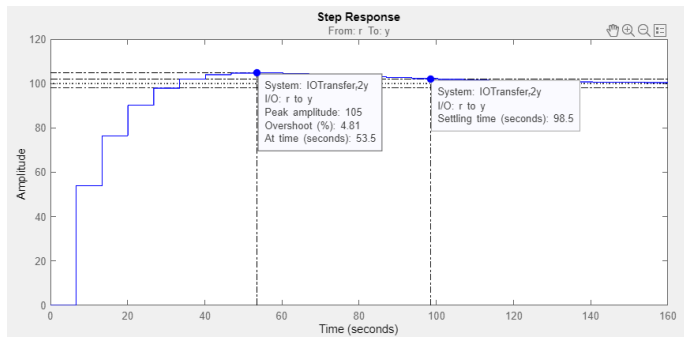


Fig. 18. Respuesta C.PID.

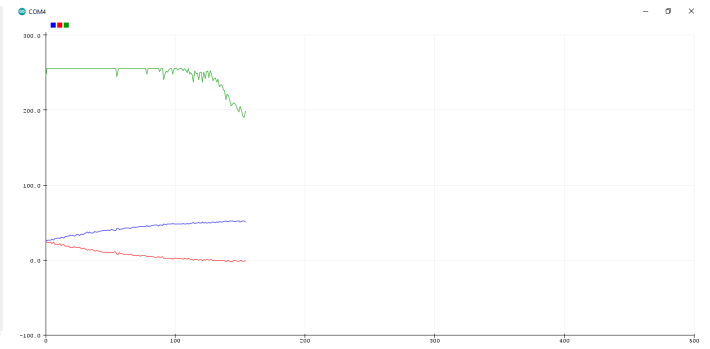


Fig. 21. Respuesta CPID.

VI. IMPLEMENTACIÓN FINAL Y AJUSTES

Se simularon las respuestas mas interesantes:

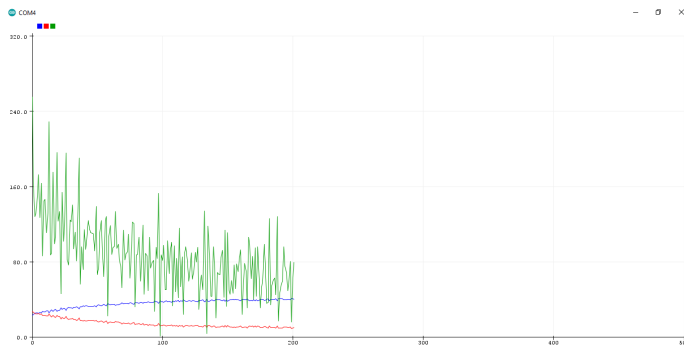


Fig. 19. Respuesta CADELANTO.

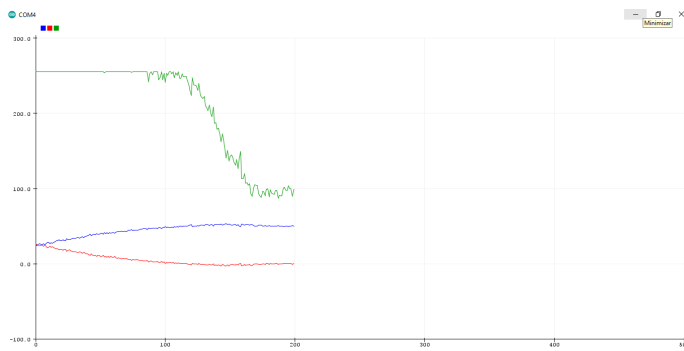


Fig. 20. Respuesta CPI.

Para obtener esas respuestas, fue necesario el uso de cinta termica y soldar el sensor LM35 para no ver errores en la medicion.

VII. ANALISIS Y RESULTADOS

Segun nuestro analisis los controladores que mejor responden son el PI y el PID, debido a que presentan un tiempo de establecimiento rapido y no presentaba error en estado estable.

VIII. CONCLUSIONES

- El diseño de la planta es fundamental para lograr un correcto funcionamiento por parte del controlador, ya que con un mal diseño de la planta no existe controlador capaz de controlar lo incontrolable.
- Hay que tener en cuenta la potencia del bombillo para no alcanzar mas del rango de operacion de nuestro sensor LM35
- Cabe destacar que los controladores implementados funcionan correctamente, sin embargo, unos destacan o sobresalen entre los otros, ya que por ejemplo en el controlador de adelanto se presentaba error en estado estable y en los PI y PID no.

REFERENCES

- [1] CTM: <https://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?aux=ActivitiesLightbulb>.