

# Práctica 4: Motor DC y Control

Alberto Acosta López, Francisco Javier López Franco  
Luis Fernando Peña Flores

**Resumen**—Durante la práctica se pretendió aprender a utilizar un motor DC. Para dicho efecto se realizaron, primero, simulaciones de las ecuaciones de control del motor. Tanto en MatLab como en Simulink se implementaron y se simulon sumadores, diferenciadores e integradores. Una vez realizada la simulación, en seguida se implementó de forma física los componentes antes mencionados para hacer funcionar el motor DC. Es importante mencionar que el último paso no se logró debido a un mal funcionamiento de los amplificadores operacionales provistos en el laboratorio.

## 1. INTRODUCCIÓN

En un sistema electro-mecánico pueden existir fallas por distintas circunstancias y factores exógenos, que no dependen del usuario, dichos factores pueden ser diversos, sin embargo, para evitar que esos factores afecten de forma continua el sistema, se implementa un sistema que retroalimenta la información que sale y lo compara con el valor que debe de salir. De esta forma, se procura que el sistema realice lo que tiene que realizar, a pesar de que pueda ser afectado por los distintos factores. Es por ello que, para comprobar que se puede diseñar tal sistema, se realizaron simulaciones en computadora del sistema con retroalimentación PID y, cuando se obtuvieron resultados adecuados, se implementó un sistema físico que lo realizara. A continuación se presenta una breve investigación del sistema, los pasos realizados y las conclusiones de cada integrante del equipo.

## 2. MARCO TEÓRICO

Un sistema PID (Proporcional, Integrador y Diferenciador) es un instrumento que puede ser utilizado para regular temperatura, flujo, presión, velocidad y otras variables de distintos procesos, dicho sistema tiene un control de ciclo retroalimentador que controla las variables del proceso para que sean lo más exactos y estables posibles. [1]

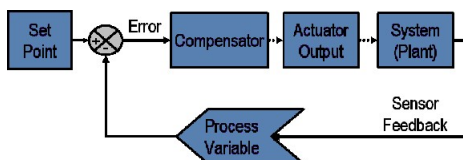


Figura 1. Diagrama de un sistema de retroalimentación

El principio detrás de un controlador PID es que la parte proporcional, integral y diferenciador deben ser ajustados

individualmente. Basados en la diferencia de dichos valores, un factor de corrección es calculado y aplicado al valor de entrada. Los pasos son los siguientes: [2]

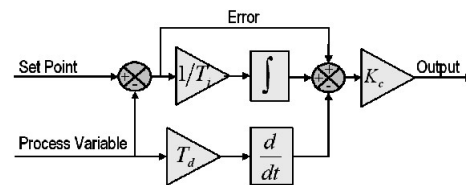


Figura 2. Diagrama de bloque de un algoritmo básico de PID

- **Ajuste proporcional:** Corrige el valor esperado de manera proporcional a su diferencia. El valor esperado nunca se obtiene, ya que a medida que la diferencia se aproxima a cero, también lo hace la corrección.
- **Ajuste integral:** Intenta corregir el error al acumular el resultado del resultado del error en "P", de tal forma que se incrementa el factor de corrección.
- **Ajuste diferencial:** Intenta minimizar la corrección sobrante al alentar el factor de corrección a medida que se aproxima al valor objetivo.

[3]

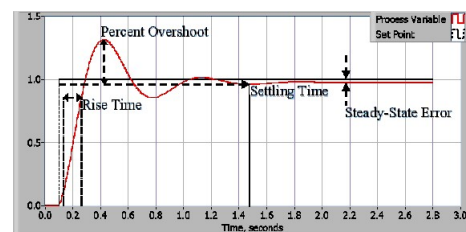


Figura 3. Respuesta típica de un sistema PID

## 3. DESARROLLO

Tal y como se explicó en el marco teórico, se debía implementar los distintos controles para el motor DC. A saber, el control P, el control PI y el control PID.

Como un primer acercamiento a dichos controles, se procedió a implementarlos tanto en Simulink como en Matlab. En el primer caso, se utilizaron algunos bloques

predefinidos y, apoyados en el método de Ziegler-Nichols, se aproximaron los valores requeridos para las ganancias.

En seguida, y una vez obtenidos los valores por Ziegler-Nichols, se procedió a implementar las mismas funciones en MatLab. En lugar de utilizar los bloques predefinidos de Simulink, se programó en Matlab las funciones de los controladores. Y con ayuda del bloque Matlab Function de Simulink, ~~fuiamos capaces de reproducir el comportamiento esperado en los controles.~~

Una vez realizadas las simulaciones, se procedió a alambrear físicamente los controles de posición del motor. Para dicho efecto, se utilizaron amplificadores operacionales del tipo sumador, integrador, diferenciador y sumador. El alambrado se hizo análogo a las simulaciones hechas en Matlab y Simulink, siempre cuidando conservar las relaciones entre resistencias y capacitores.

Una vez implementados los controles, se procedió a probarlos con el motor DC provisto en el laboratorio. Los problemas tanto con el motor como con los controles se detallan en la siguiente sección.

## 4. RESULTADOS

Respecto a la primera parte de la práctica, se completaron exitosamente las simulaciones tanto en Simulink como en Matlab. Es importante notar que, debido a un sesgo en los bloques predefinidos de Simulink, los valores de las ganancias usados fueron distintos para ambos programas.

Los valores fueron calculados usando el método de Ziegler-Nichols. En primera instancia, se propusieron valores candidatos y dependiendo de su comportamiento se modificaban conforme iba avanzando la práctica. Finalmente, se comprobó, con la simulación correspondiente, que ambas se comportaban de la manera prevista. Esto es, se acercan a un valor constante de 1 en el tiempo esperado. Notar que al utilizar las funciones de integración y derivación de Matlab se obtuvieron mejores resultados.

Finalmente, respecto al alambrado físico de los controles, se tuvo un gran inconveniente durante su implementación. Como lo observaron los miembros del equipo y el profesor, los amplificadores operacionales provistos en el laboratorio no funcionaban correctamente. Por ejemplo, el amplificador inversor daba señales erráticas al final de cada fase. Debido a esto, no fue posible completar con éxito la implementación física de los controladores.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1. Alberto Acosta

Durante el desarrollo de esta práctica tuve la posibilidad de aprender el funcionamiento de un sistema PID, con la ayuda de una simulación en Matlab. Sin embargo, cuando se intentó llevar a cabo en una implementación física, por razones extrañas que ni yo, ni mi equipo ni el profesor entendimos. Lamentablemente no pudimos realizar el sistema

físico, pero el aprendizaje y la búsqueda continua de errores fue frustrante, pero instructiva. Espero que en las siguientes prácticas, lo aprendido se pueda implementar en un sistema físico.

### 5.2. Francisco López

Fue una buena práctica hacer antes el modelo del PID en Matlab, pues nos pudimos dar una idea de cómo afectan realmente las variables de resistencia al sistema. Gracias a esto, pudimos conocer los valores más cercanos para lograr un equilibrio bastante aceptable, que luego intentamos implementar de manera física. Desafortunadamente el Op Amp con el que trabajamos no funcionaba correctamente, por lo que no pudimos llevarlo a cabo. Aún así la comprensión del PID fue una gran experiencia del ejercicio llevado a cabo.

### 5.3. Fernando Peña

A lo largo del desarrollo de la práctica fui capaz de poner en práctica, tanto física como computacionalmente, los conocimientos adquiridos en la clase de teoría acerca de amplificadores operacionales. Asimismo, reafirme la importancia de esbozar correctamente una solución antes de comenzar a implementarla físicamente. Finalmente, adquirimos conocimientos acerca de control de motores, los cuales serán clave para el desarrollo del proyecto de fin de semestre.

## 6. ROL O PAPEL

1. **Alberto:** Alambrar los controles y verificar que los componentes funcionaran adecuadamente.
2. **Francisco:** Realizar las simulaciones en Simulink y Matlab.
3. **Fernando:** Calculo de valores de las ganancias y esbozo del control físico.

## 7. FUENTES CONSULTADAS

### REFERENCIAS

- [1] O. Engineering. What is a pid controller? [Online]. Available: <https://www.omega.com/prodinfo/pid-controllers.html>
- [2] N. Instruments. Pid theory explained. [Online]. Available: <http://www.ni.com/en-my/innovations/white-papers/06/pid-theory-explained.html>
- [3] O. Engineering. How does a pid controller work? [Online]. Available: <https://www.omega.com/prodinfo/how-does-a-pid-controller-work.html>