



Trabajo Práctico n°1

DISEÑO, MODELADO Y SINTONÍA DE UN SISTEMA DE
CONTROL PID

MATERIA: APLICACIONES EN CONTROL AUTOMATICO INDUSTRIAL

DOCENTE: GERARDO HEIT

Trabajo Práctico: Diseño, Modelado y Sintonía de un Sistema de Control PID

Objetivo general:

Que el estudiante desarrolle la capacidad de analizar y modelar una planta real, profundizando en el estudio de sus componentes (sensores y actuadores), en la implementación de un controlador PID, y en la aplicación crítica de métodos de sintonía, considerando elementos adicionales como filtros, anti-windup y adaptación de señales, para obtener un lazo de control completo y robusto.

1. Estudio de los Componentes de la Planta (Sensores / Actuadores)

Objetivo: Comprender en profundidad el funcionamiento, integración y limitaciones de cada componente. No limitarse a una descripción básica: se exige un análisis eléctrico, funcional y de aplicación práctica.

Contenido y requisitos mínimos:

1. Identificación del actuador principal

- Tipo, principio de funcionamiento y fundamento teórico.
- Características eléctricas: tensiones, corrientes, frecuencias, tiempos de respuesta, escalado.
- Diagramas de funcionamiento temporal.
- Diagramas de conexión reales (con pines y referencias claras).
- Protocolo de comunicación si aplica (PWM, I2C, SPI, UART, etc.).
- Etapas de adaptación/filtrado/potencia necesarias (por ejemplo: drivers, optoacopladores, amplificadores, filtros LC).
- Alternativas posibles al actuador elegido, con análisis comparativo de ventajas/desventajas.

2. Identificación del sensor principal

- Tipo, principio de funcionamiento, fundamento teórico.
- Características eléctricas y de comunicación.
- Rango, resolución, precisión y error de medida.
- Diagrama de funcionamiento temporal.
- Diagrama de conexión.
- Procesamiento previo de señal (filtrado digital/analógico, compensación de offset, escalado).
- Alternativas tecnológicas al sensor elegido, con justificación.

Guía de análisis sugerida (no limitativa):

- **Motor DC con PWM:** teoría de PWM, ciclo de trabajo, control de velocidad/par, influencia de la frecuencia, limitaciones físicas, filtrado.
- **Motor paso a paso:** control de pasos, modos (full step, half step, microstepping), resolución, torque.

- **Sensor ultrasónico:** teoría del tiempo de vuelo, limitaciones por materiales/ángulo, filtrado de eco.
- **Giroscopio:** tecnologías disponibles, integración por I2C/SPI, calibración y filtrado de ruido.
- **Encoder:** incremental vs absoluto, procesamiento de cuadratura, resolución y tolerancia de conteo.

2. Controlador PID – Implementación Avanzada

Objetivo: Analizar en detalle el funcionamiento de un PID, su implementación en hardware real y las técnicas complementarias que permiten optimizarlo.

Contenido y requisitos mínimos:

- Explicación precisa de las acciones proporcional (P), integral (I) y derivativa (D), sin limitarse a definiciones básicas.
- Derivación matemática de la ecuación de control discreta usada en el microcontrolador.
- Cálculo y significado de: K_p , K_i , K_d , T_i , T_d , B_p
- Implementación de **Anti-Windup**: técnicas posibles y justificación de la elegida.
- Técnicas de filtrado para la acción derivativa: elección de filtros (pasa-bajos, filtro exponencial), parámetros de corte y justificación.
- Implementación práctica en Arduino u otro hardware:
 - o Frecuencia de muestreo.
 - o Relación entre el tiempo de muestreo y la respuesta del lazo.
 - o Estructura del código y manejo de interrupciones si corresponde.

3. Sintonía PID – Métodos Avanzados y Comparativa Crítica

Objetivo: Aplicar múltiples métodos de sintonía PID, evaluar sus resultados y comparar sus ventajas/desventajas en la planta real.

Métodos a desarrollar (mínimo 5): Desarrollar la teoría sobre 5 métodos de sintonía PID. Ejemplo, Ziegler–Nichols (en lazo abierto y en lazo cerrado), Cohen–Coon, etc.

Requisitos:

- Explicación teórica de cada método, con referencias bibliográficas.
- Aplicación real en la planta construida.
- Registro de datos de cada ensayo (tablas, gráficas de respuesta temporal, overshoot, tiempo de establecimiento, error en estado estacionario).
- Análisis crítico:
 - o ¿Qué métodos resultaron más efectivos y por qué?
 - o ¿Qué métodos no fueron factibles de aplicar y qué problemas surgieron?
 - o Comparativa final con tabla de pros y contras de cada método aplicado.

4. Elementos adicionales para un lazo PID completo

El alumno deberá documentar:

- Filtros aplicados en el lazo (digitales y/o analógicos).
- Etapas de acondicionamiento de señal.
- Estrategias de protección de hardware.
- Ajustes de saturación de actuadores y manejo de límites de operación.

5. Entregables

- **Informe técnico** con:
 - o Marco teórico y fundamentación.
 - o Diagramas, esquemas y tablas.
 - o Datos experimentales y análisis.
 - o Conclusiones críticas.
- **Presentación oral** para la transferencia de conocimiento entre grupos.

Nota:

Este práctico **no es una introducción** al control PID, sino un trabajo de diseño, implementación y análisis con **criterios profesionales**. El objetivo es que, al finalizar, puedan no solo implementar un lazo PID, sino entender profundamente **por qué y cómo** cada decisión de diseño afecta el rendimiento final del sistema.