

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**Artículo Académico Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Electrónica e Instrumentación**

**Título:**

**Sistema Virtual HiL para un Proceso Industrial, Control y Monitorización: Producción de Ácido Sulfúrico**

**Autores:**

Toaquiza Balderramo Jaime Fernando

Tutasig Balarezo Andrea Estefania

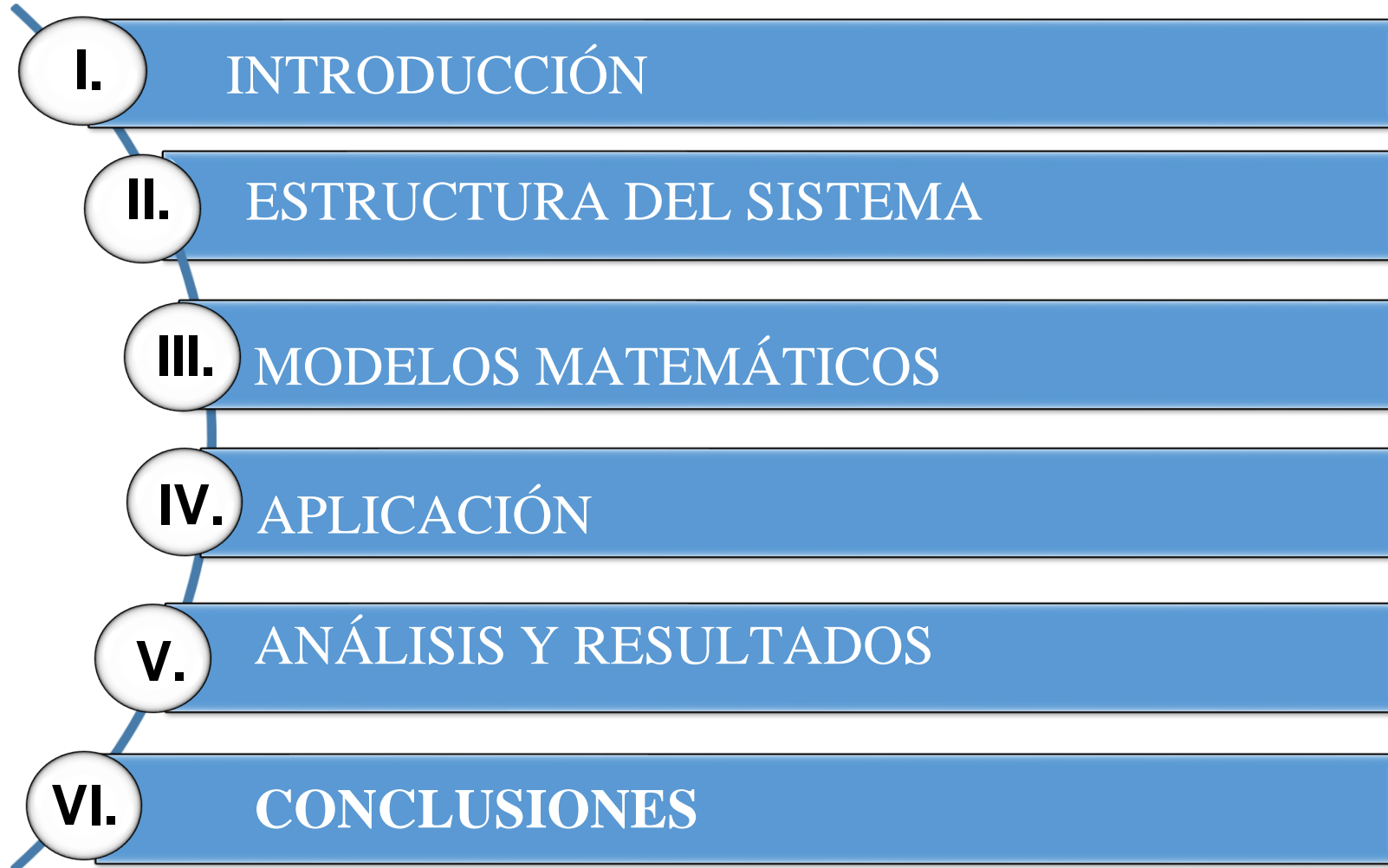
*Tutor.* Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio

*Co-Tutor.* Ing. Escobar Anchaguano Ivón Patricia





# Contenido



## Virtualización De Procesos Industriales

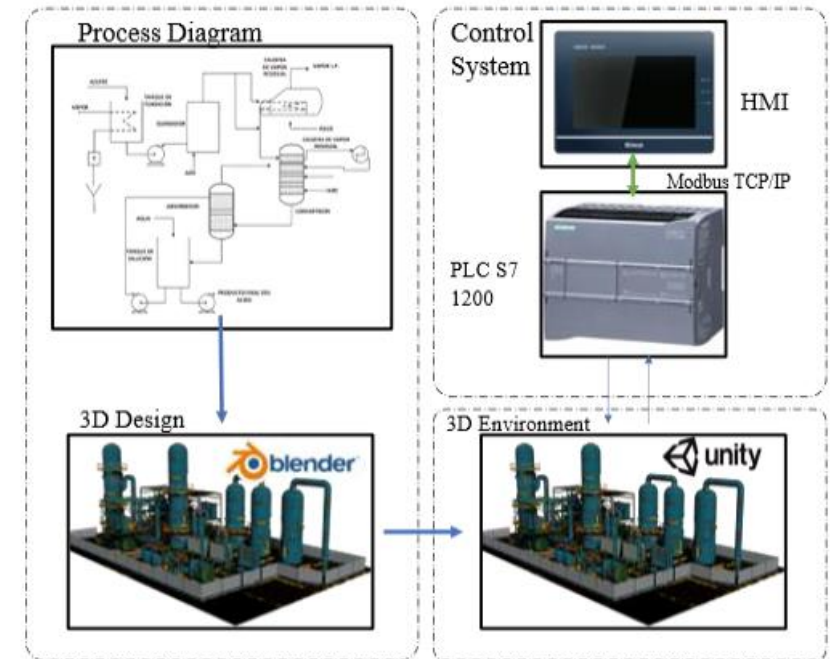


Producción de ácido sulfúrico

Herramientas que permiten incorporar nuevas formas de estudio en la práctica formativa de los futuros profesionales de las áreas de automatización y control



Hardware in the Loop (HiL) para la producción de ácido sulfúrico

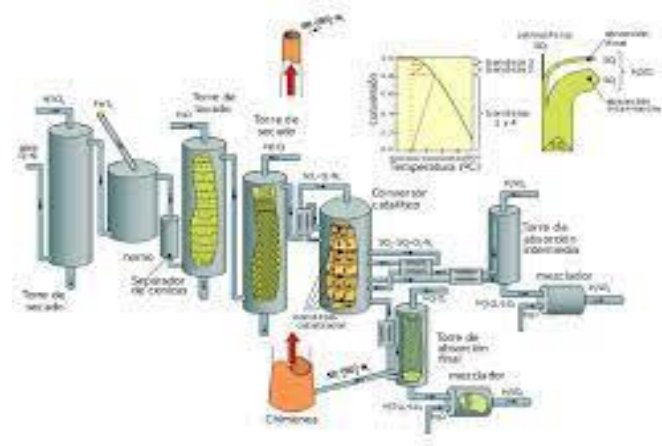


HiL le permite experimentar de forma segura con diferentes métodos de ajuste de controladores.

# MOTIVACIÓN

## Automatización

El ácido sulfúrico es el producto químico más fabricado del mundo



La producción de ácido sulfúrico implica varias etapas de vigilancia y control



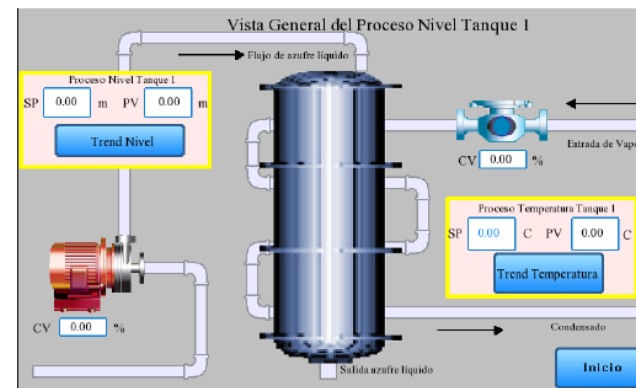
La planta industrial es de interés para los estudiantes de las áreas de automatización y control

## Entorno Virtual

Virtualización de la planta mediante modelos matemáticos

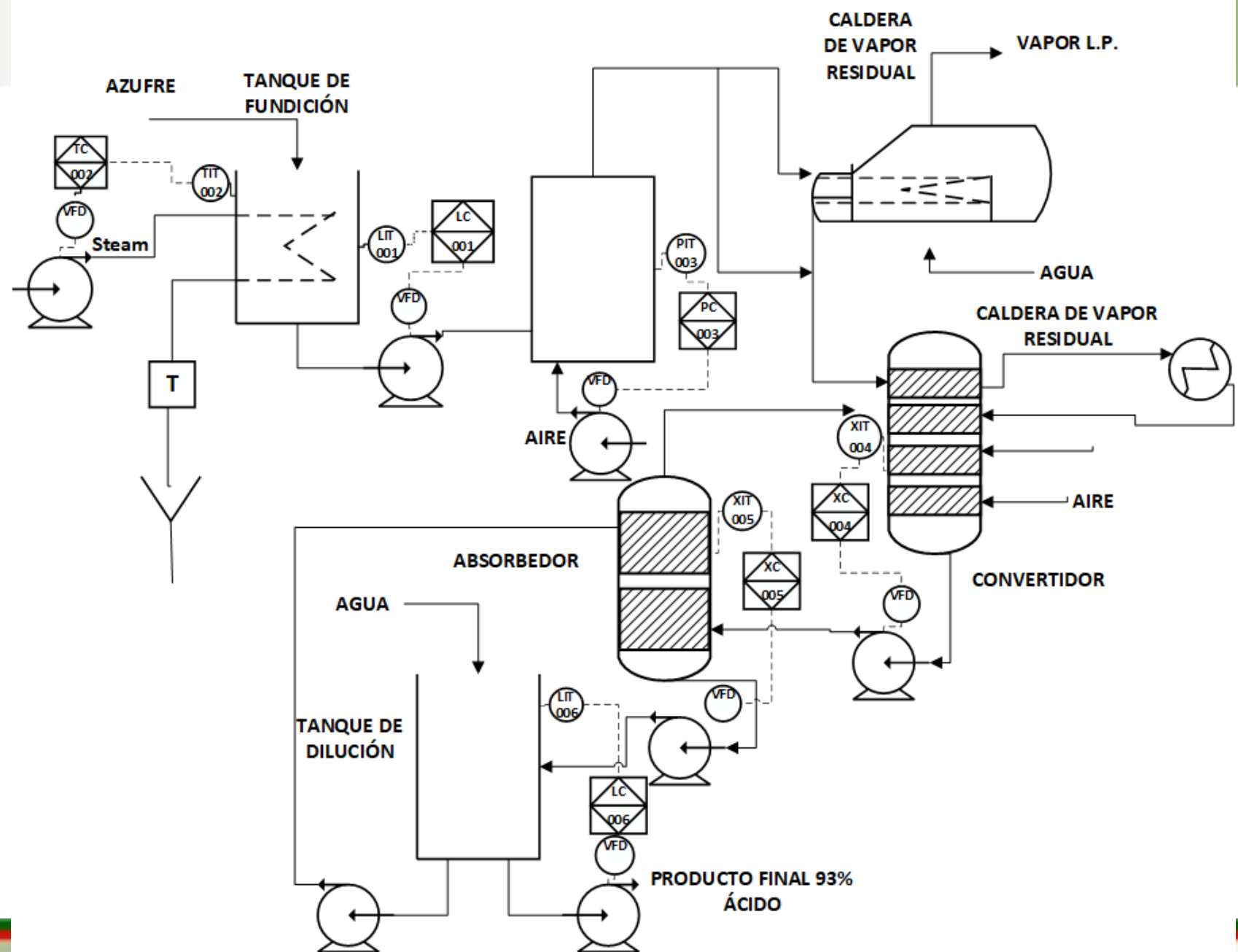


Técnica de bajo coste para la formación



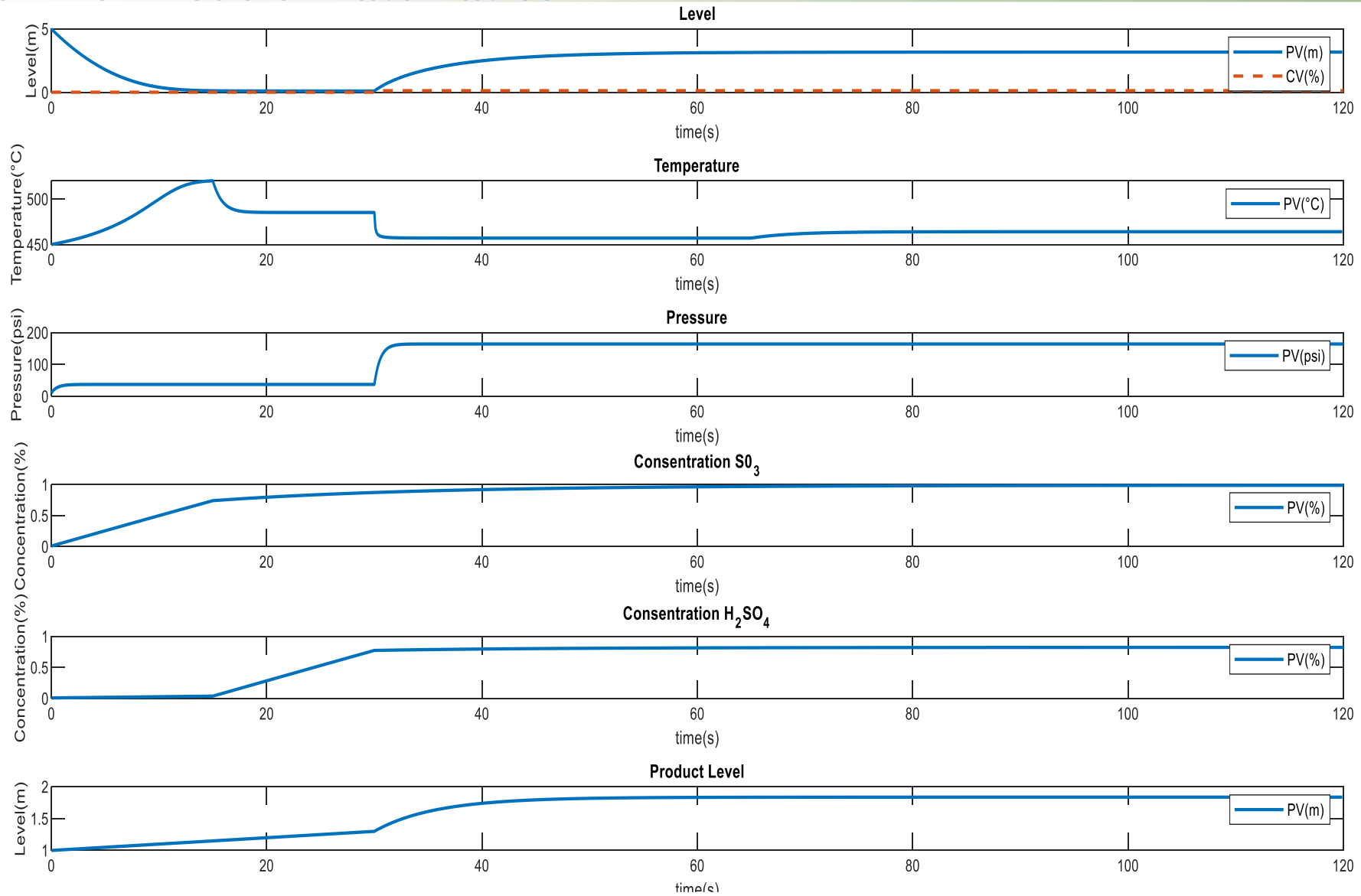
Realice pruebas de forma segura sin exponer al usuario a riesgos

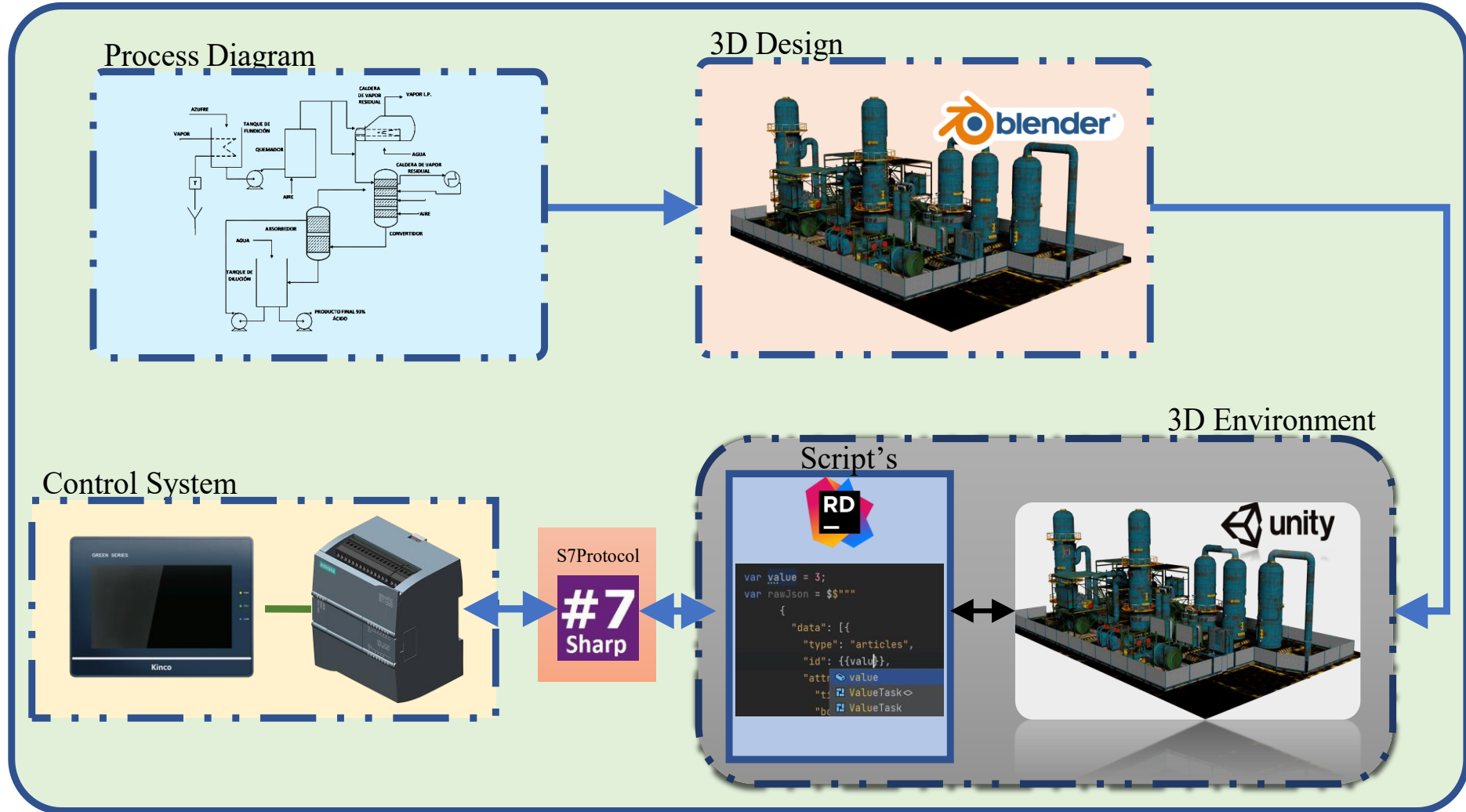
Aplicar diferentes métodos de mediante HIL



# Modelos Matemáticos Del Proceso De Producción De Ácido Sulfúrico

Variables del proceso	Modelo Matemático
Nivel	$A \cdot \frac{dh}{dt} = F_{in} - F_{out} \sqrt{2 \cdot g \cdot h(t)}$
Temperatura	$V \cdot \frac{dT}{dt} = F \cdot (T_i - T(t)) + \frac{Q(t)}{\rho \cdot C_p}$
Presión	$\frac{V \cdot M}{R_g \cdot (T + 273 \cdot K)} \cdot \frac{dp}{dt} = w_i(t) - A_o \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot M}{R_g \cdot (T + 273K)}} \cdot p(t) \cdot (p(t) - p_o)$
Concentración	$\frac{dC}{dt} = \frac{1}{V} [F_1 (C_1 - C) + F_2 (C_2 - C) + F_3 (C_3 - C)]$

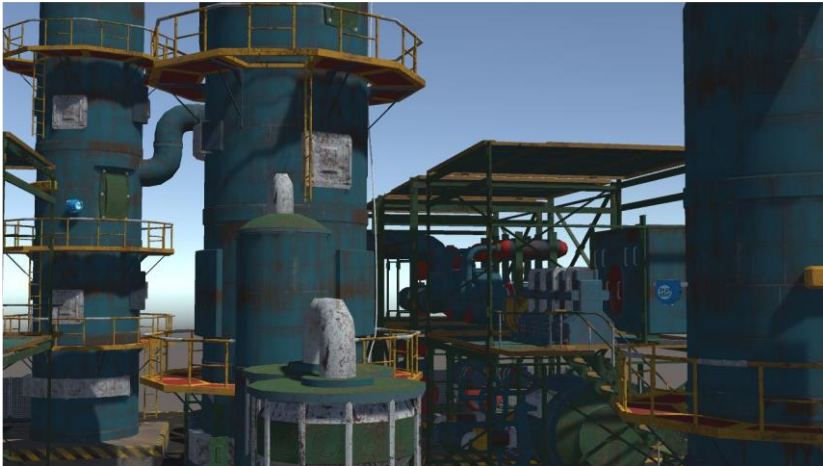






## Entorno Virtual

- Animación de la planta de proceso de ácido sulfúrico.
- Utilización de transmisores y elementos de control.
- Animación de bombas y reactores



## Sistema de control y monitoreo

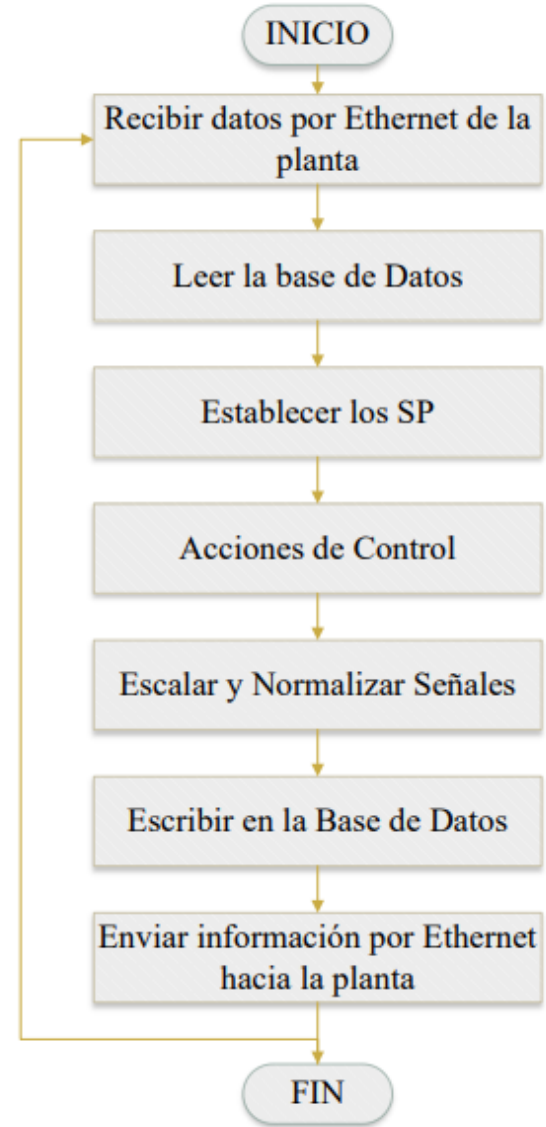


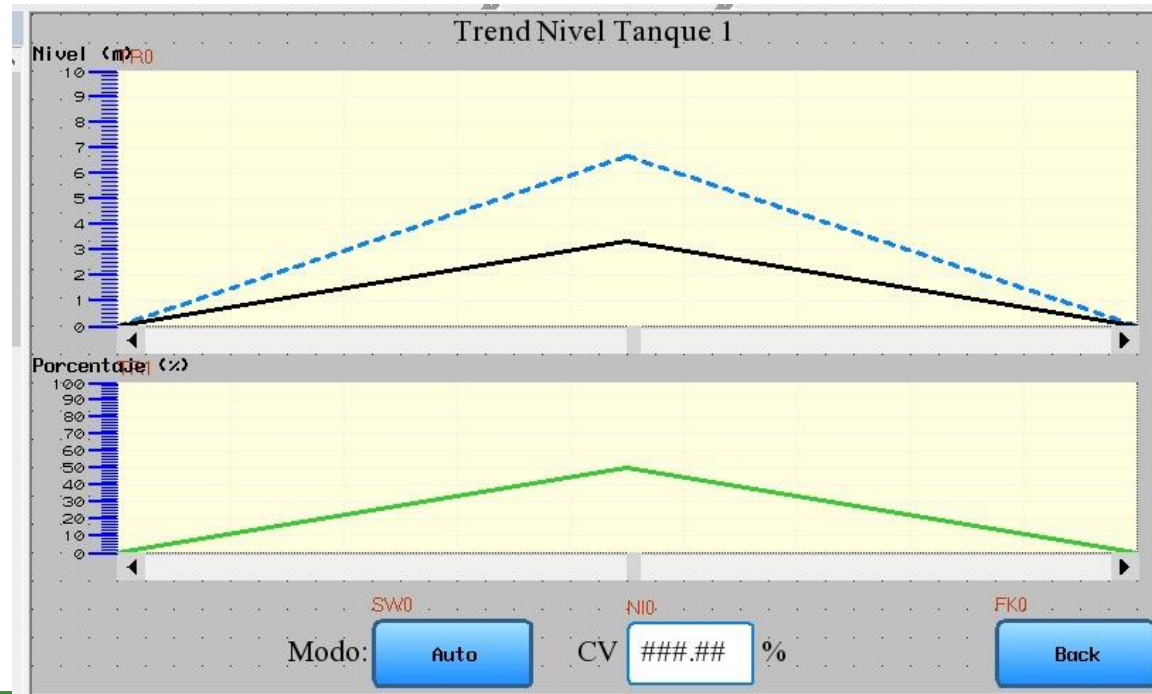
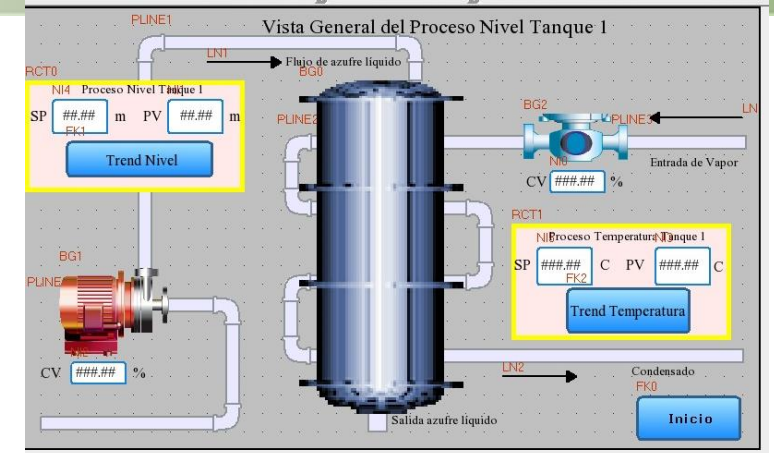
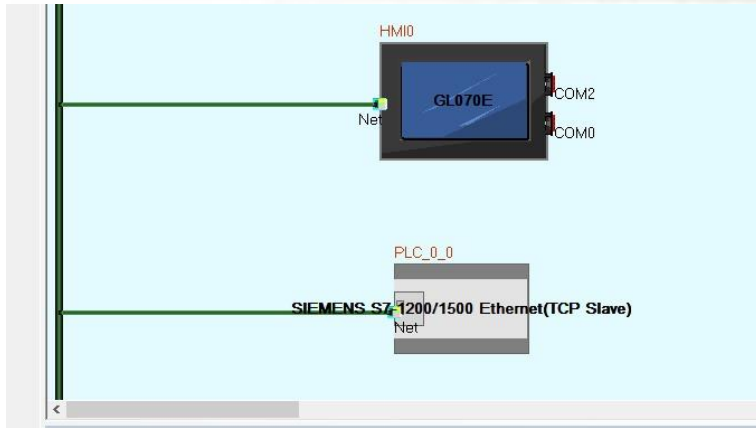
## Red Industrial



## Planta Virtualizada



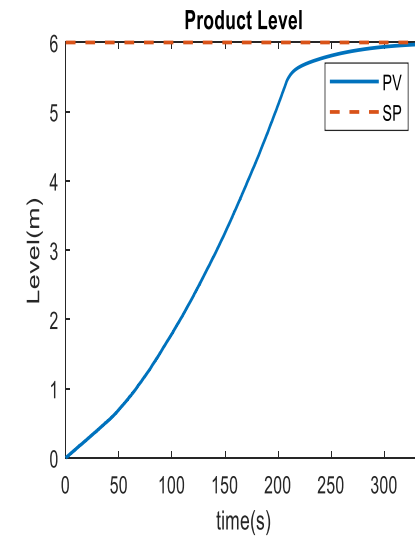
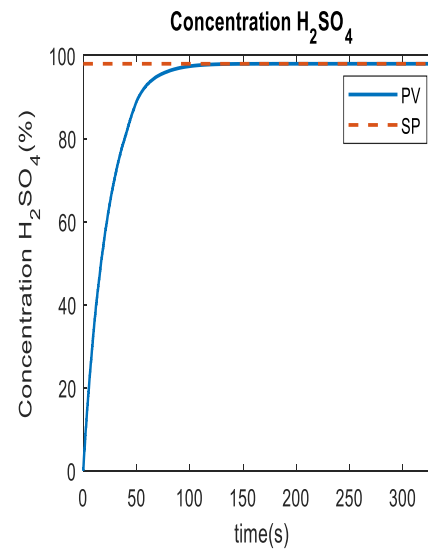
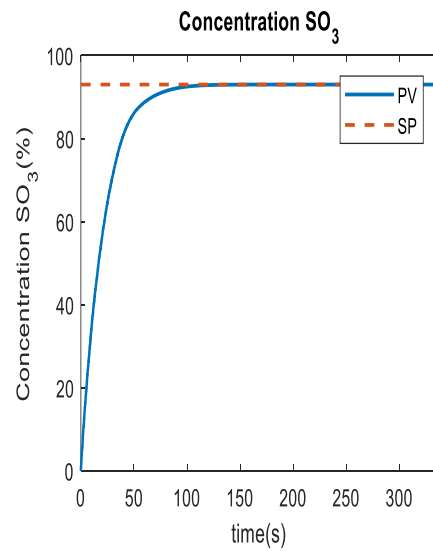
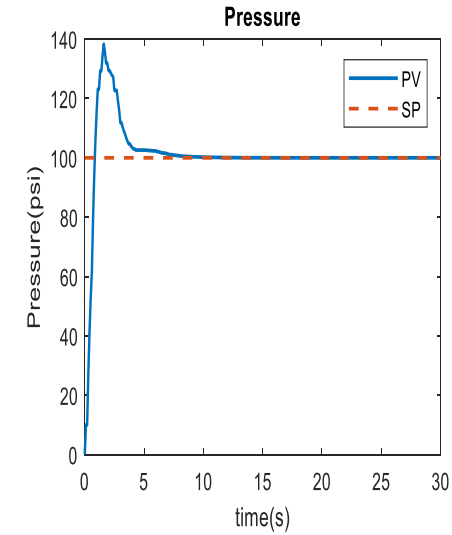
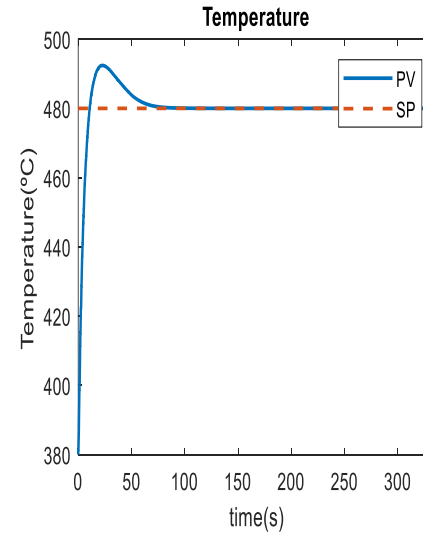
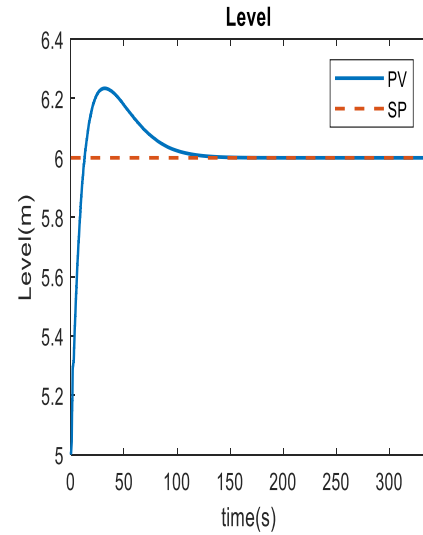


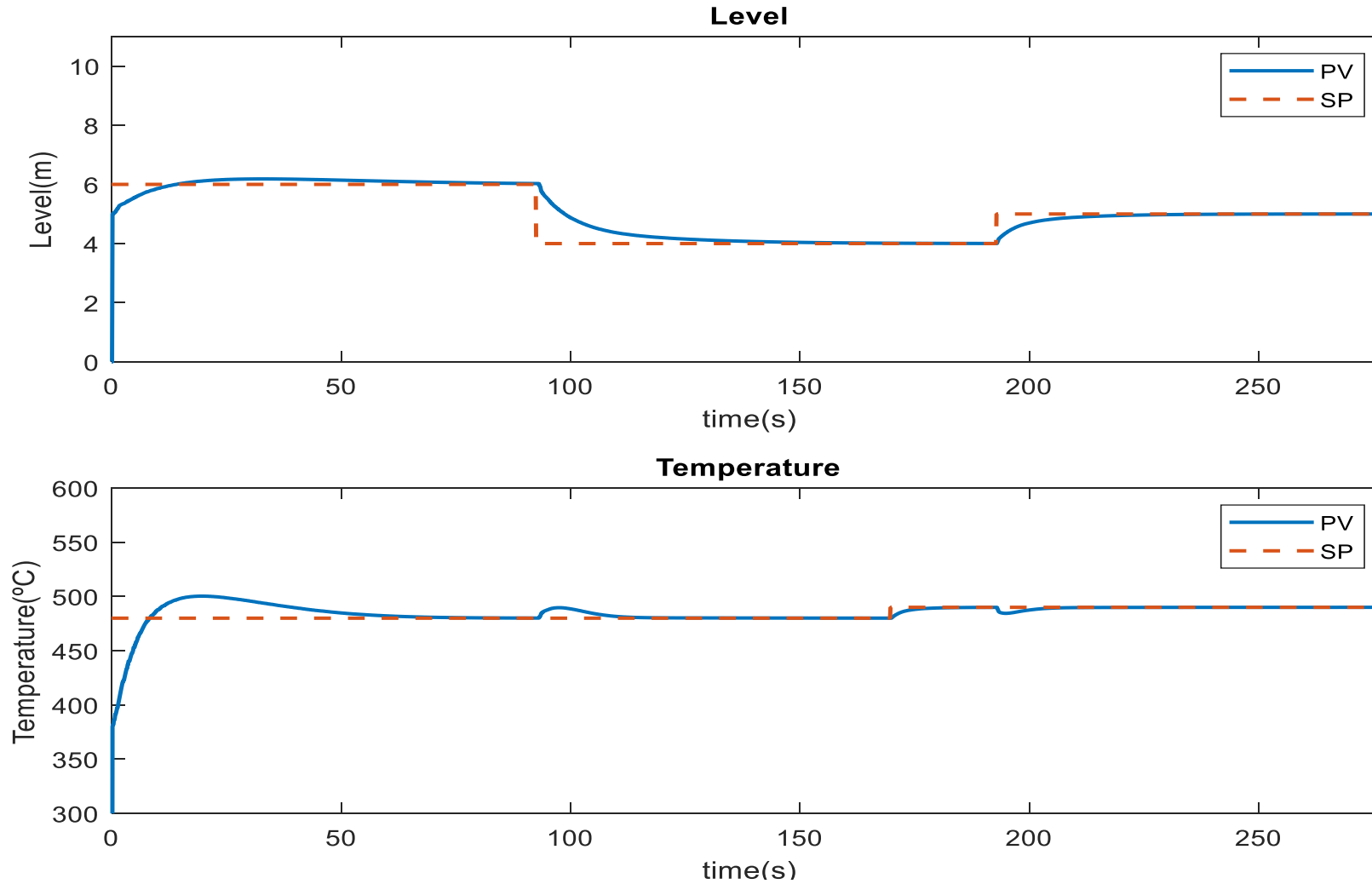


Teniendo en cuenta las limitaciones de comunicación, se realizaron varias pruebas con distintos controladores. Se decidió aplicar la técnica de control Lambda para todas las variables del proceso.

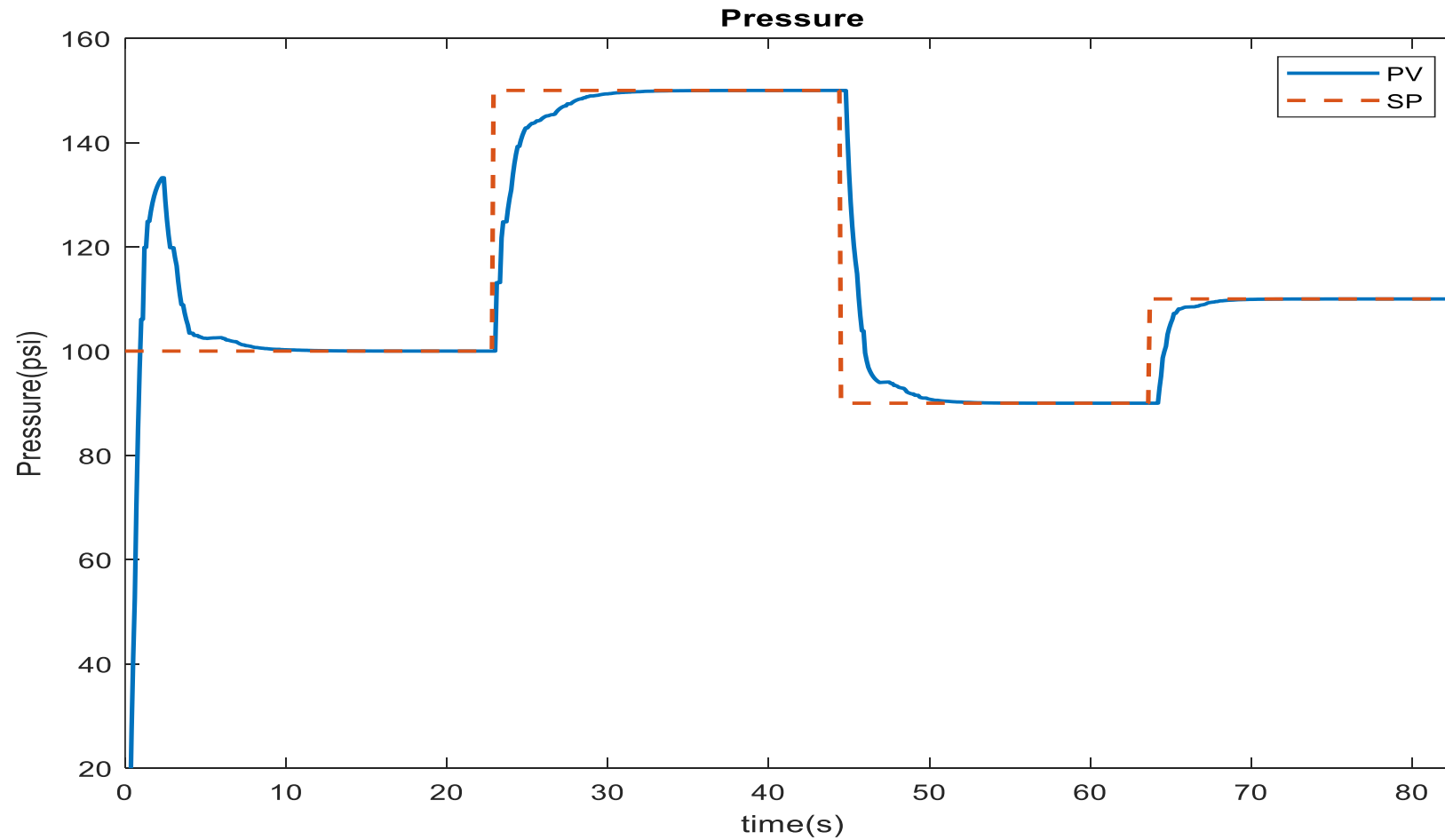
Variable	Kp	Ti [s]	Td [s]
Nivel	0.925326177	29,58565	0,951879531
Temperatura	1,00070049	10,401	0,147836746
Presión	0,310014154	0,66227	0
Concentración $SO_3$	0,75740362	26,816	0,014991609
Concentración $H_2SO_4$	0,758035173	25,569	0,049902225
Nivel del producto	5,15331796	176,73	0

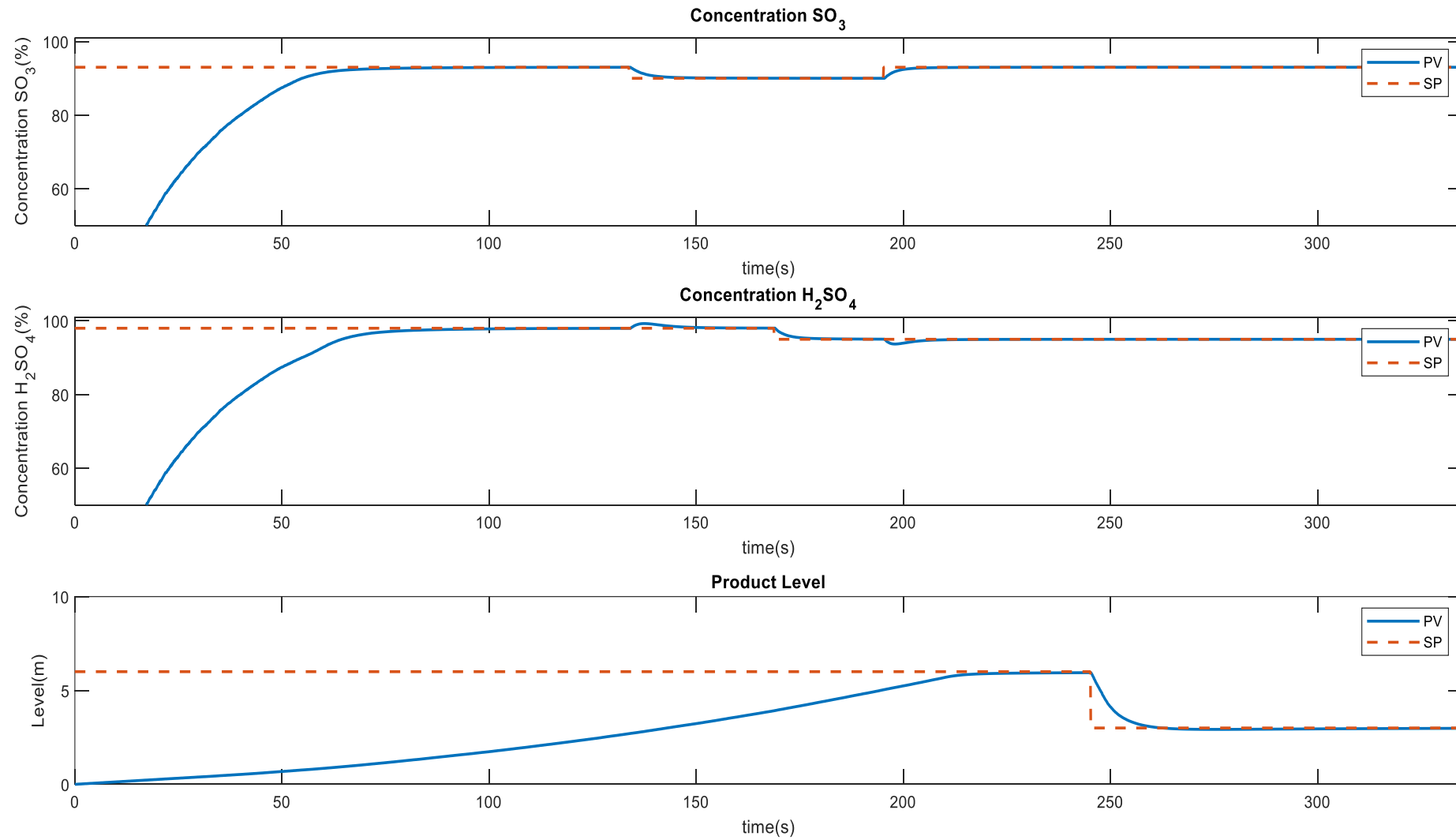












- El sistema se desarrolla según el enfoque Hardware in The Loop, en el que se simula un proceso y el control lo realiza un PLC, de modo que el usuario tiene una interacción real con un dispositivo industrial. Para la sintonización de los lazos de control, se siguieron los pasos característicos de un proceso real, desde la adquisición del modelo matemático hasta la implementación de las constantes de los controladores, dando como resultado un control eficiente en cada etapa del proceso.
- En el campo de los sistemas para control de procesos, es conocido que los esquemas de control PID básicos y modificados han demostrado su utilidad para aportar un control satisfactorio, aunque tal vez en muchas situaciones específicas no aporten un control óptimo[7], como se tiene en la sección 6.
- Las redes industriales y los protocolos de comunicación industrial permiten la interconexión entre diferentes equipos independientemente de su fabricante, siendo un claro ejemplo la posibilidad de interconectar un HMI y un PLC para el control y monitorización de un proceso industrial virtual, disponiendo de todas las características y elementos que rigen el estándar de diseño HMI.
- El sistema HIL implementado posee todos los componentes del proceso industrial de producción de ácido sulfúrico, todas las etapas son consideradas a nivel de instrumentación, control y monitoreo, esta solución de bajo costo es una alternativa para la formación de profesionales en el área de control automático de procesos.