



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

TEMA:

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL AVANZADO DE LA ESTACIÓN DE NIVEL ND-0704, BASADO EN IIoT Y PLC M-DUINO, EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS.

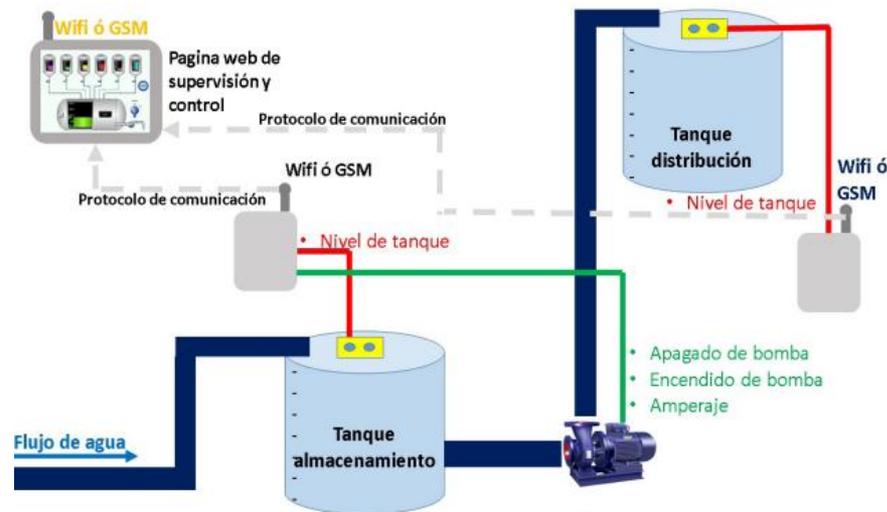
AUTORES: CATOTA CAMACHO, MARCO VINICIO
JIMÉNEZ LEÓN, MARLON BOLÍVAR

DIRECTOR: ING. PRUNA PANCHI, EDWIN PATRICIO



ANTECEDENTES

- Nace la necesidad de aumentar eficiencia de los procesos.
- Monitoreo y supervisión del comportamiento de las variables de interés de forma local y remota.
- En la industria los sistemas de control de nivel son muy utilizados ya que evitamos el desperdicio del agua mediante la manipulación de las variables flujo y nivel.



ANTECEDENTES

- Con la aparición de la industria 4.0 el IIoT permite la conectividad a internet de los dispositivos industriales facilitando el intercambio de información mediante la utilización de la nube, buscando así mejorar la gestión y operación de la producción en la industria.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Industrial
IoT

ALTO
COSTO

BAJO
COSTO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



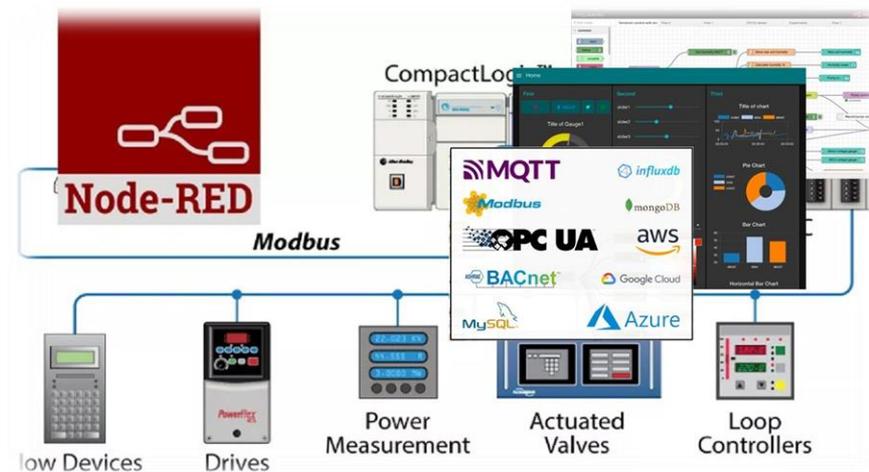
I2C
ETHERNET
MODBUS TCP/IP
USB
RS485
RS232
MAX 232
MAX485
W5500



Analog/Digital
input 10 bit.

Analog/Digital
output

Open source



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS

Objetivo general:

Desarrollar el sistema de supervisión y control avanzado de la estación de nivel ND-0704, basado en IIOT y PLC M-DUINO, en el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos.

OBJETIVOS

Objetivos específicos:

- Investigar sobre el funcionamiento de la estación de nivel ND-0704, para obtener los modelos matemáticos correspondientes.
- Diseñar e implementar el sistema de control en cascada mediante controladores clásicos PI-PID.
- Diseñar e implementar el sistema de control en cascada mediante controladores difusos.
- Desarrollar la interfaz humano máquina en un touch panel que incluyan todas las variables de interés, para el monitoreo local del sistema de control en cascada.



OBJETIVOS

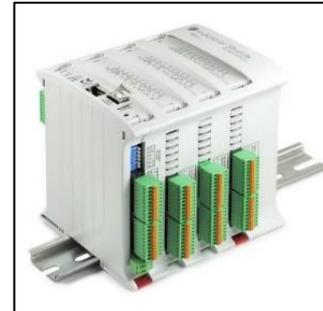
Objetivos específicos:

- Desarrollar el algoritmo de comunicación en el PLC, para la comunicación IIoT.
- Investigar y programar la aplicación (APK) con la cual se realizará la supervisión.
- Realizar pruebas del funcionamiento del sistema de control en cascada, para verificar el funcionamiento de los equipos e instrumentos industriales, así como para determinar el controlador más eficiente.
- Realizar pruebas del funcionamiento del sistema de supervisión, para verificar su funcionamiento y comunicación.



CONCEPTOS PRELIMINARES

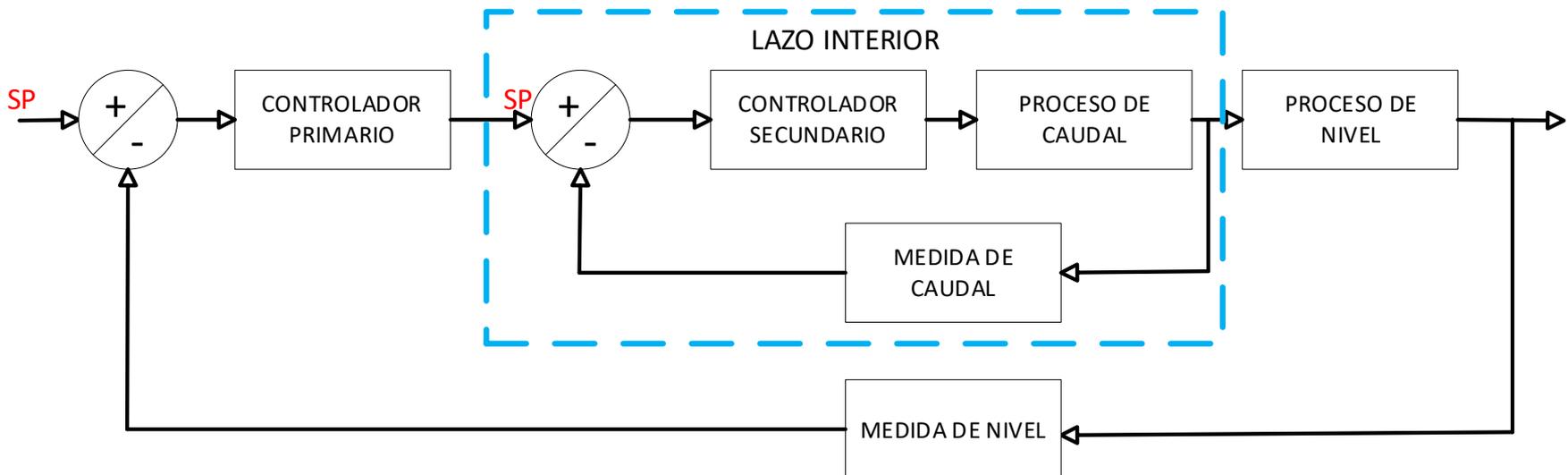
- ✓ Estación de nivel ND-0704
- ✓ Transmisor de Nivel Rosemount 5400 series
- ✓ Caudalímetro George Fischer 8150 series
- ✓ PLC M-Duino
- ✓ ThinkerTouch
- ✓ Tecnología IIoT
- ✓ Node-RED



CONCEPTOS PRELIMINARES

CONTROL EN CASCADA

- ✓ Rendimiento
- ✓ Criterio de diseño
- ✓ Sintonía
- ✓ Limitaciones



DISEÑO DE CONTROLADORES DEL SISTEMA DE CAUDAL

$$G(s) = \frac{1.1477}{1 + 1.0102s} e^{-0.9666s}$$

MÉTODO DE SINTONÍA	PARÁMETROS				
	Kp	Ki	Kd	% OVERSHOOT	Ts(s)
COHEN COON PI	0.8917	0.7984	0.0	36.66	13
HAALMAN PI	0.60	0.5939	0.0	43.33	9
LAMBDA AGRESIVO PI	0.4452	0.4407	0.0	40	11
LAMBDA ROBUSTO PI	0.2202	0.2179	0.0	13.33	12



DISEÑO DE CONTROLADORES DEL SISTEMA DE NIVEL

$$G(s) = \frac{2.3344}{1 + 117.24s} e^{-1.0235s}$$

MÉTODO DE SINTONÍA	PARÁMETROS				
	Kp	Ki	Kd	% OVERSHOOT	Ts(s)
LAMBDA AGRESIVO PI	0.4246	0.0036	0.0	0	325
LAMBDA AGRESIVO PID	0.4283	0.0036	0.2182	0	350
LAMBDA ROBUSTO PI	0.1423	0.0012	0.0	0	375



DISEÑO DE CONTROLADORES SISTEMA DE NIVEL EN CASCADA

$$G(s) = \frac{0,5332}{1 + 111.27s} e^{-1.0235s}$$

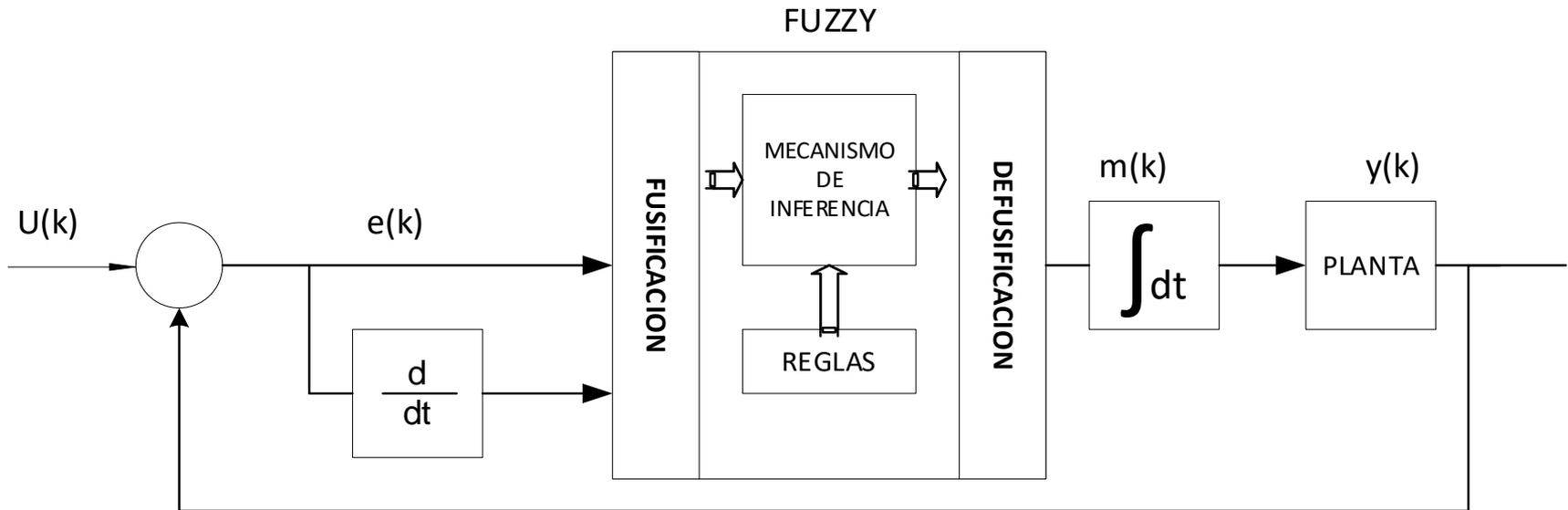
MÉTODO DE SINTONÍA	PARÁMETROS				
	Kp	Ki	Kd	% OVERSHOOT	Ts(s)
LAMBDA AGRESIVO PI	1.8583	0.0167	0.0	0	75
LAMBDA ROBUSTO PI	0.6232	0.0056	0.0	0	320

MÉTODO	PARAMETROS				
	Kp	Ki	Kd	% OVERSHOOT	Ts(s)
LAMBDA AGRESIVO PI-SINTONÍA FINA	2.0	0.0167	0.0	0	75



DISEÑO DEL CONTROLADOR DIFUSO

ESQUEMA DE CONTROLADOR FUZZY

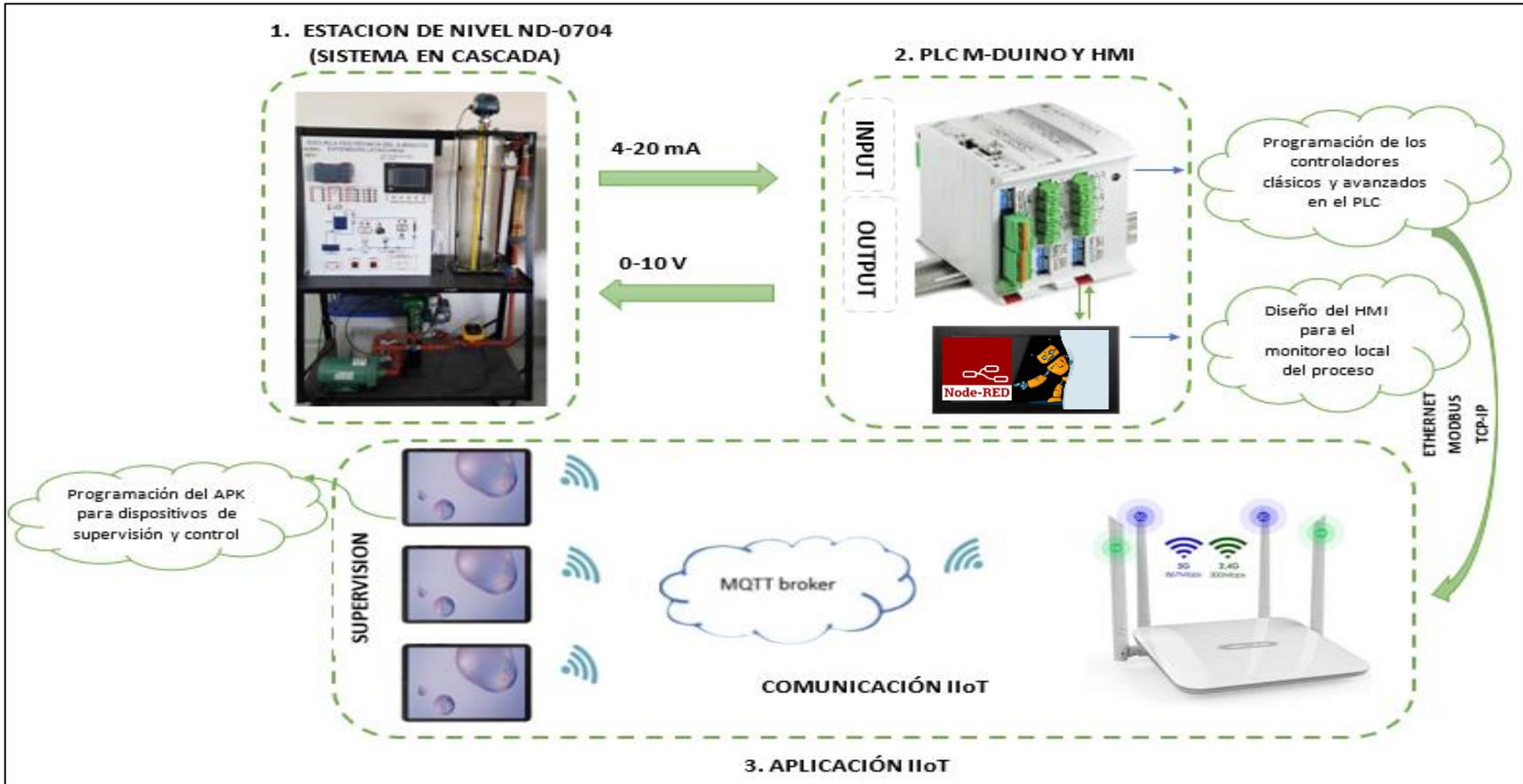


PARÁMETROS DEL SISTEMA DE NIVEL EN CASCA DA FUZZY

e/de	deNG	deNM	deNP	deZ	dePP	dePM	dePG
eNG	UFNG	UFNG	UFNG	UFNG	UFNM	UFNP	UFZ
eNM	UFNG	UFNG	UFNG	UFNM	UFNP	UFZ	UFPP
eNP	UFNG	UFNG	UFNM	UFNP	UFZ	UFPP	UFPM
eZ	UFNG	UFNM	UFNP	UFZ	UFPP	UFPM	UFPG
ePP	UFNM	UFNP	UFZ	UFPP	UFPM	UFPG	UFPG
ePM	UFNP	UFZ	UFPP	UFPM	UFPG	UFPG	UFPG
ePP	UFZ	UFPP	UFPM	UFPG	UFPG	UFPG	UFPG

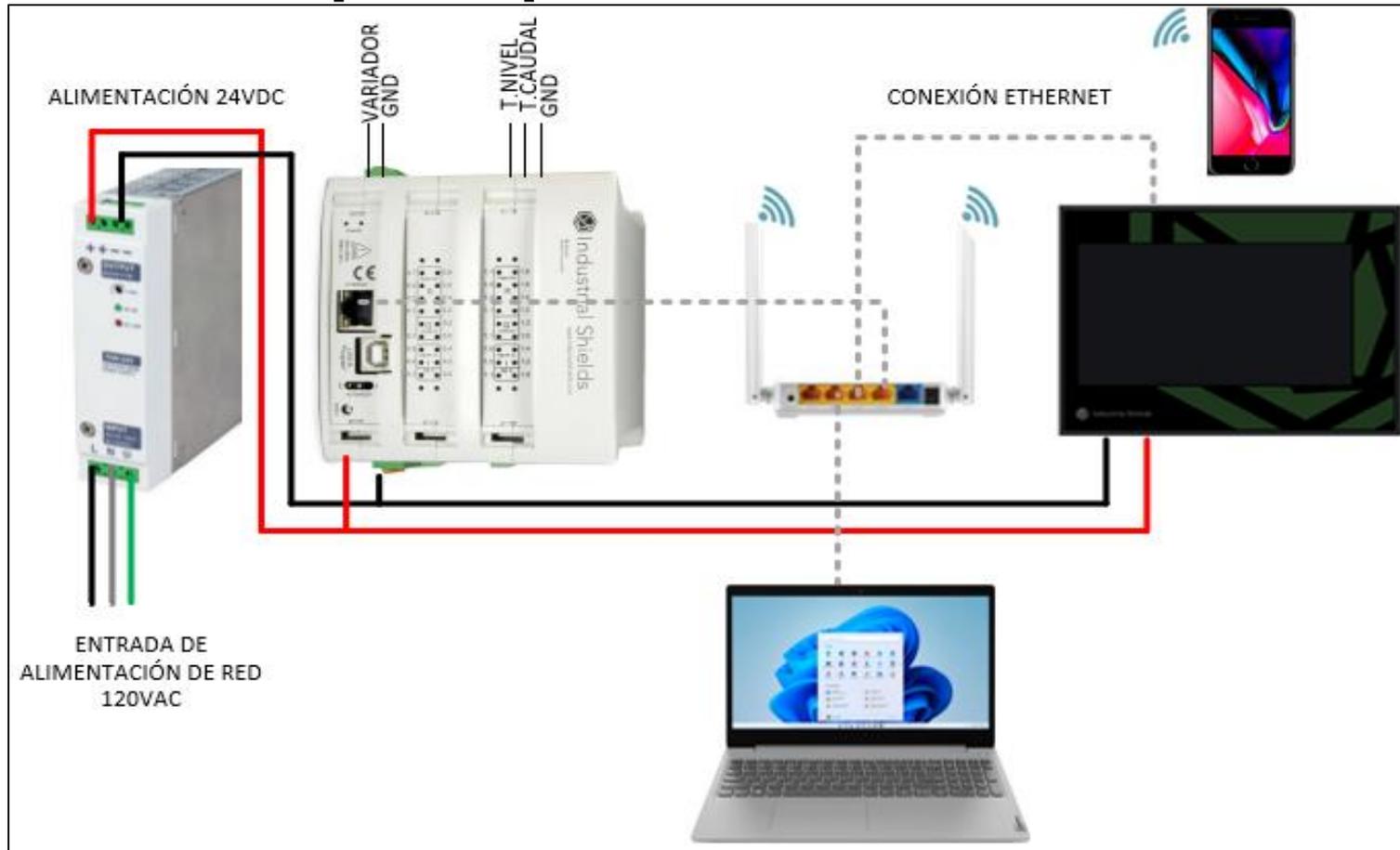
IMPLEMENTACIÓN

Esquema general del sistema de supervisión y control IIoT de la estación de nivel ND-0704



IMPLEMENTACIÓN

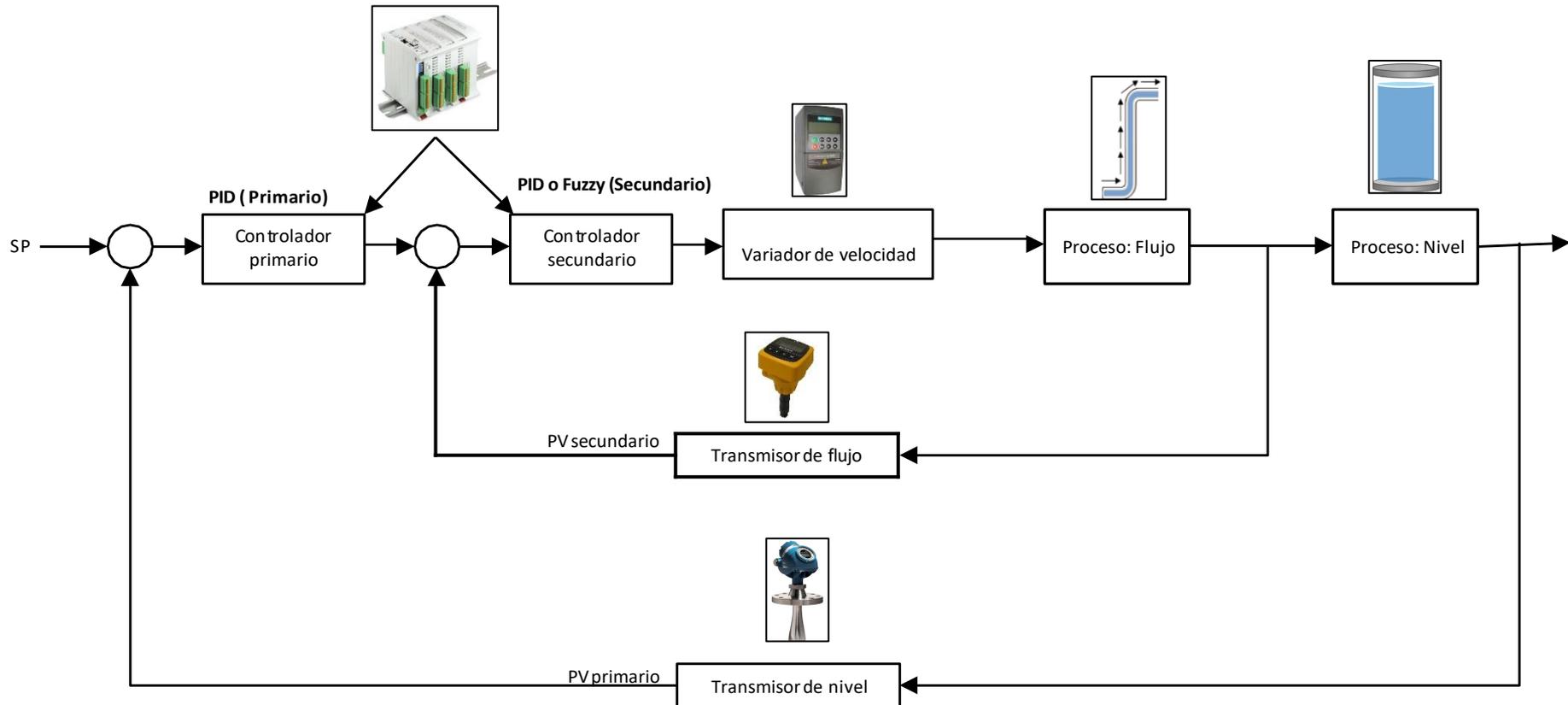
Esquema de conexión entre dispositivos y red de alimentación principal.



IMPLEMENTACIÓN

Control en cascada

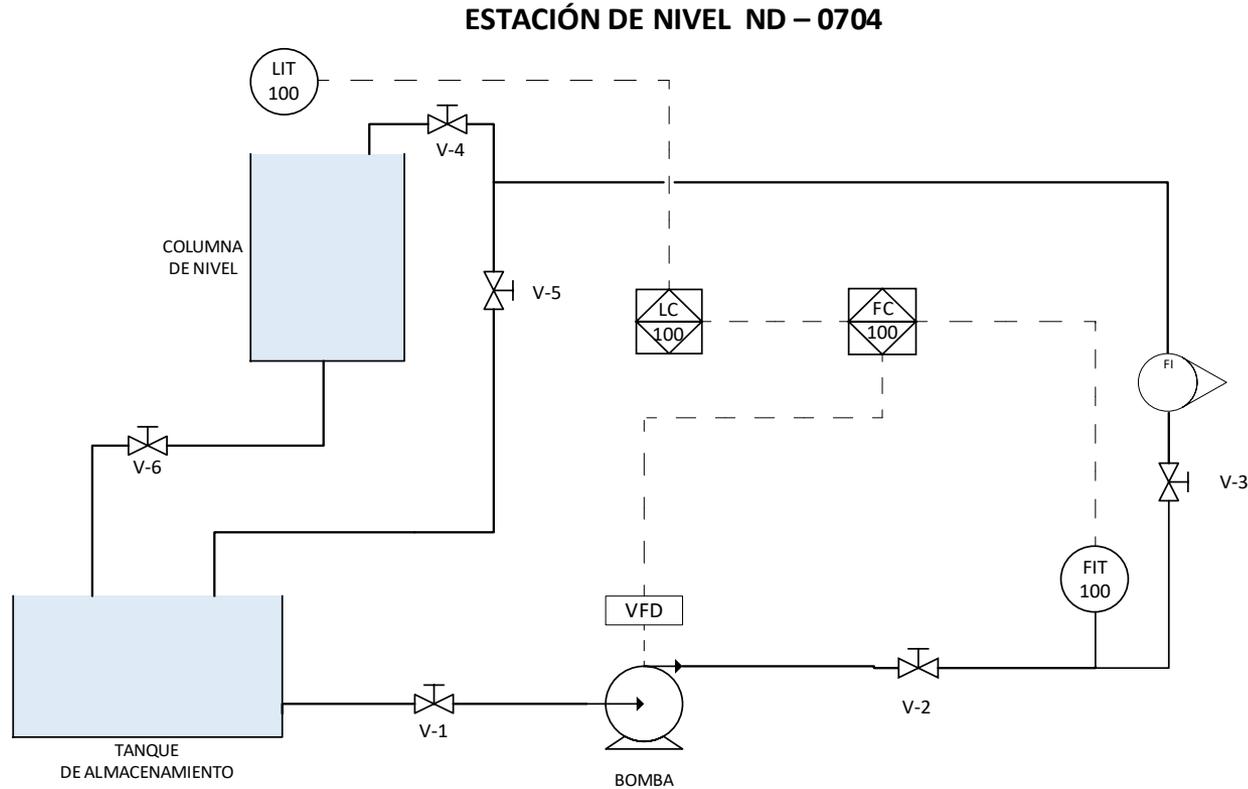
- ✓ Rendimiento
- ✓ Criterio de diseño
- ✓ Sintonía
- ✓ Limitaciones



IMPLEMENTACIÓN

Control en cascada

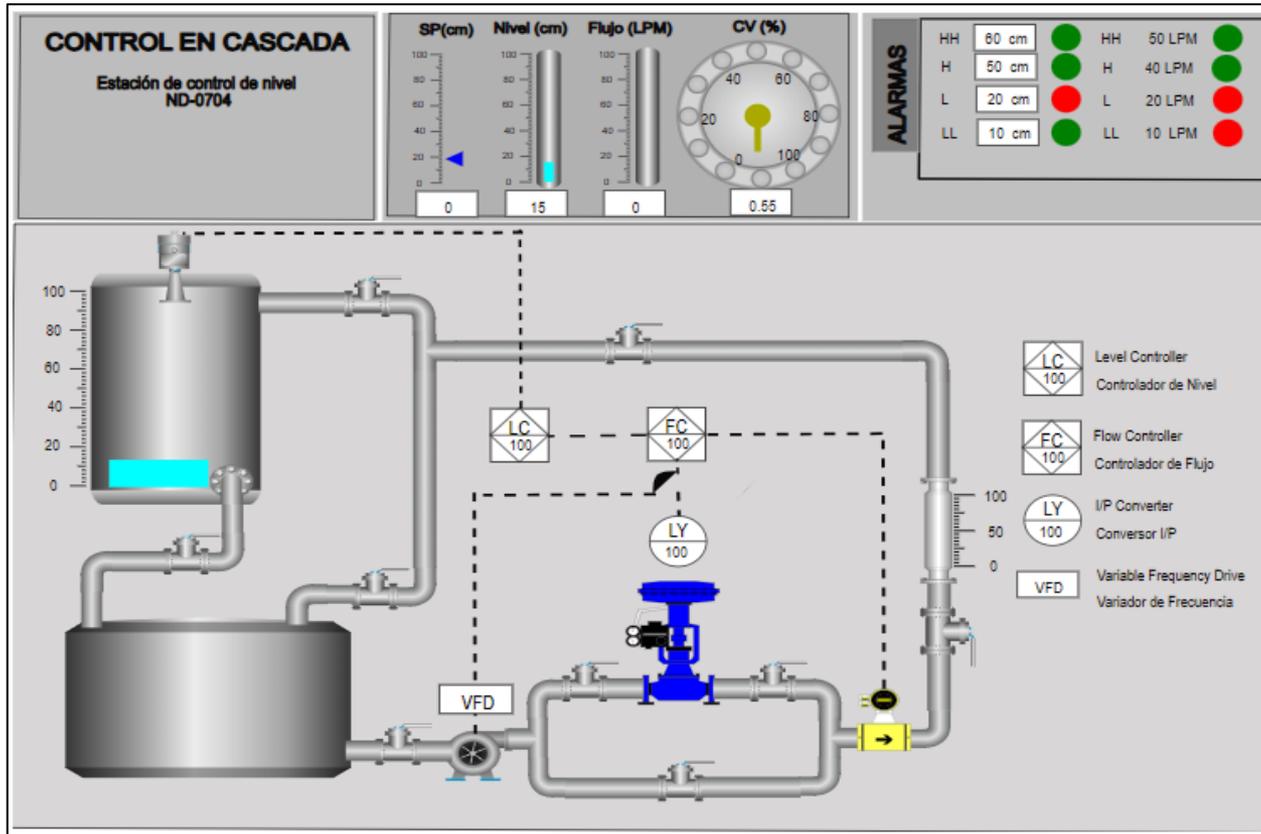
DIAGRAMA P&ID



IMPLEMENTACIÓN

Creación del HMI del sistema

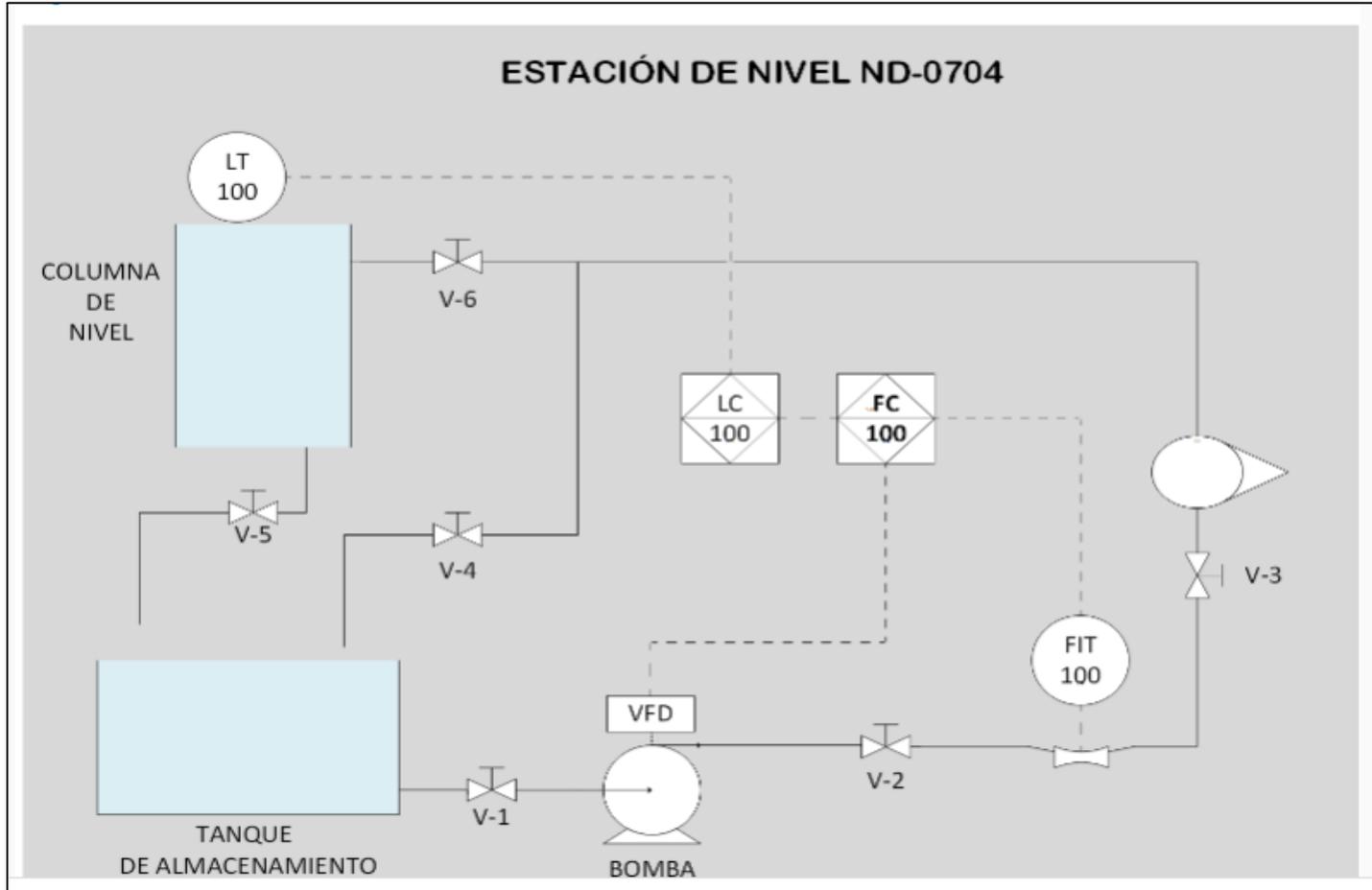
Diagrama 3D



IMPLEMENTACIÓN

Creación del HMI del sistema

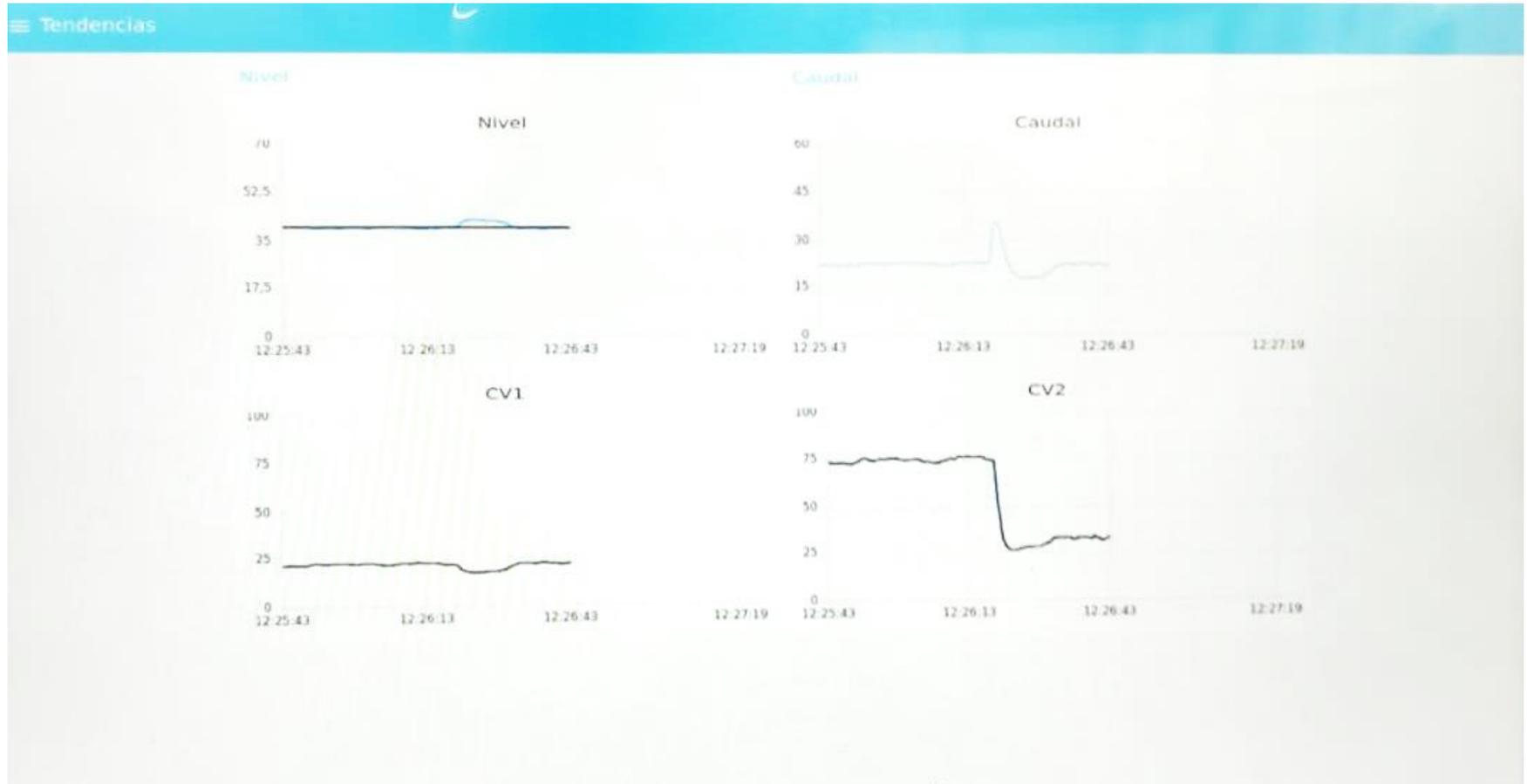
Diagrama 2D



IMPLEMENTACIÓN

Creación del HMI del sistema

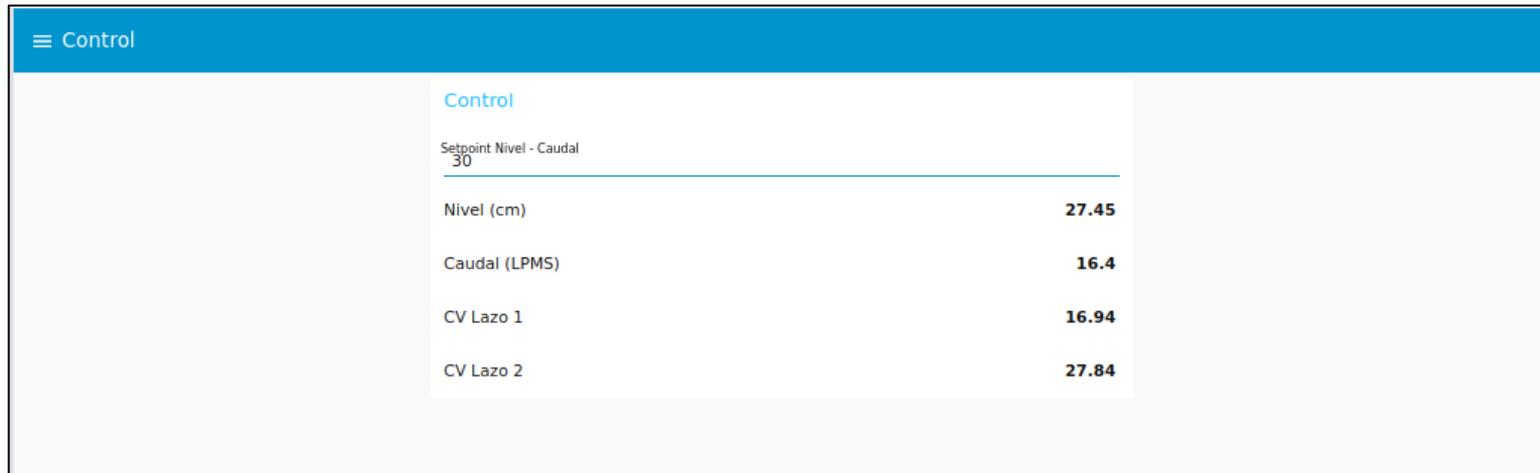
Tendencias



IMPLEMENTACIÓN

Creación del HMI del sistema

Control



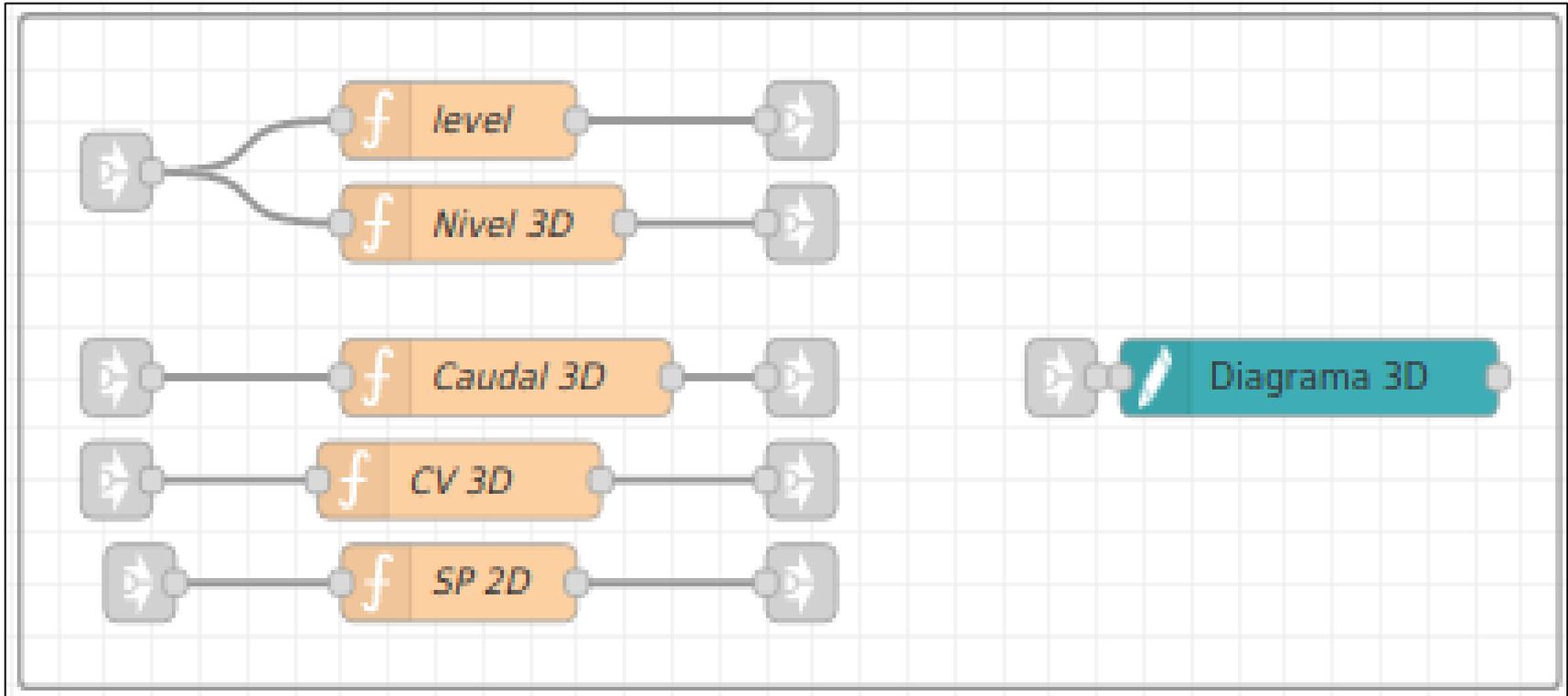
The screenshot displays a control interface with a blue header bar containing a menu icon and the text "Control". Below the header, a white panel titled "Control" contains a table of system parameters. The table lists the Setpoint Nivel - Caudal (30), Nivel (cm) (27.45), Caudal (LPMS) (16.4), CV Lazo 1 (16.94), and CV Lazo 2 (27.84).

Control	
Setpoint Nivel - Caudal	30
Nivel (cm)	27.45
Caudal (LPMS)	16.4
CV Lazo 1	16.94
CV Lazo 2	27.84



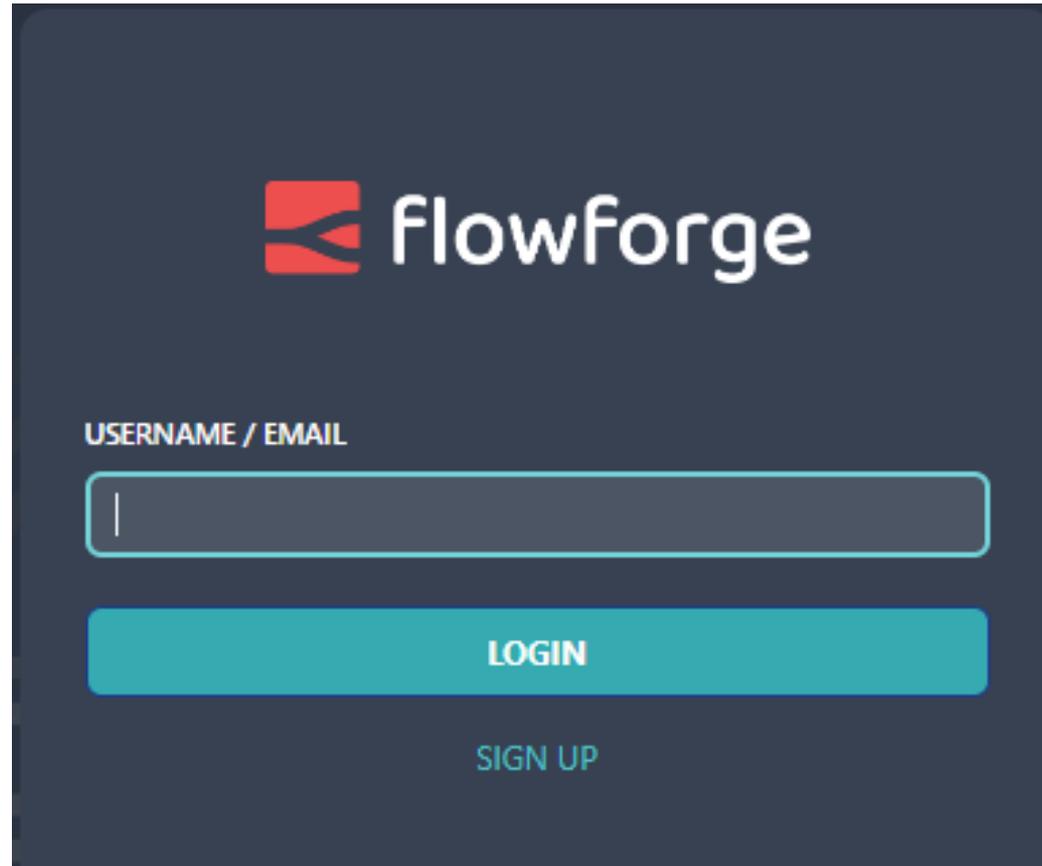
IMPLEMENTACIÓN

Código de programación en Node-RED



IMPLEMENTACIÓN

Creación de cuenta en FlowForge

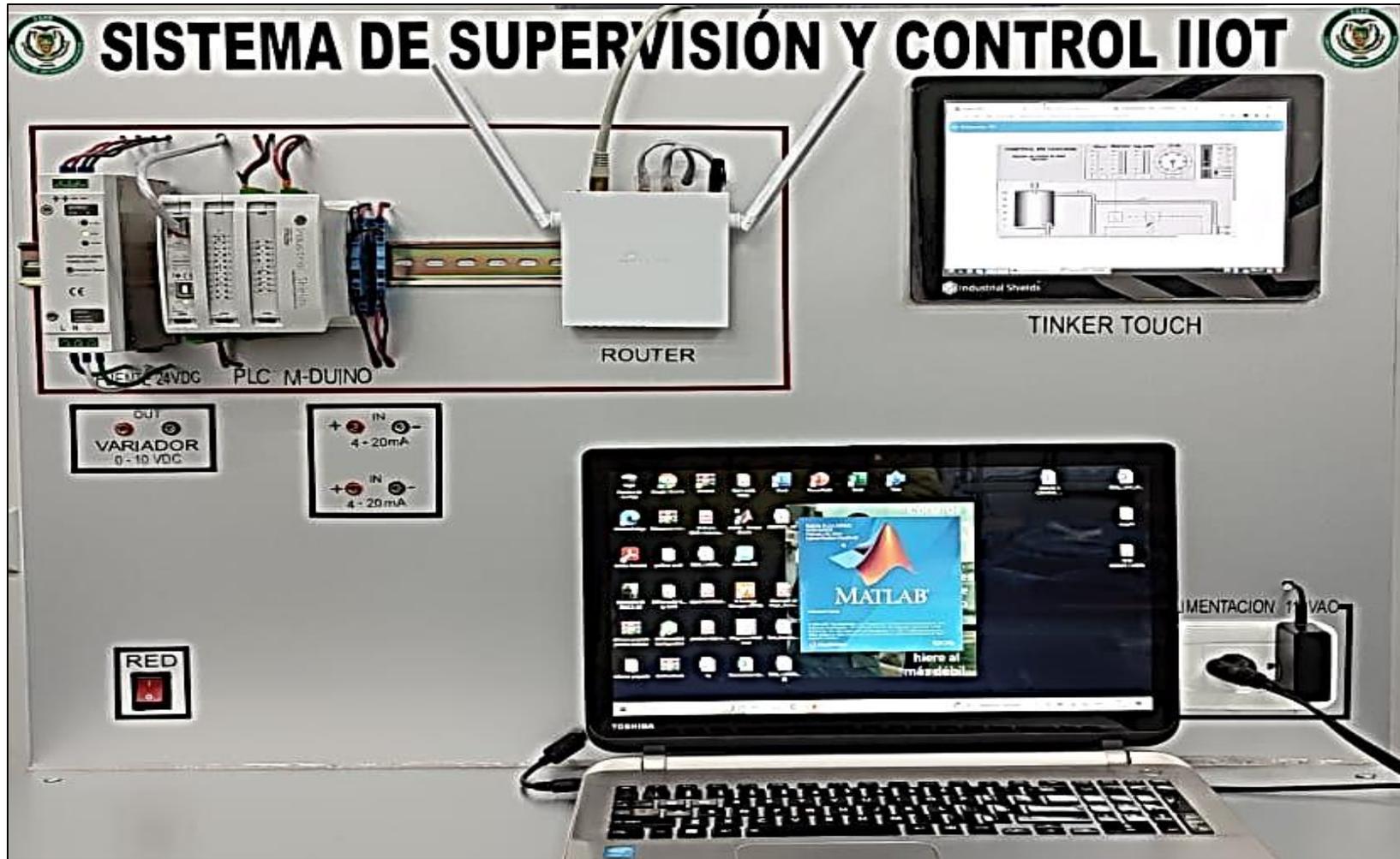


The image shows a dark blue login and sign-up interface for FlowForge. At the top center is the FlowForge logo, which consists of a red square with a white stylized 'F' shape inside, followed by the text 'flowforge' in a white, lowercase, sans-serif font. Below the logo, the text 'USERNAME / EMAIL' is displayed in a light blue, uppercase, sans-serif font. Underneath this text is a light blue rectangular input field with a thin border and a vertical cursor on the left side. Below the input field is a large, teal-colored button with the word 'LOGIN' in white, uppercase, sans-serif font. Below the 'LOGIN' button is the text 'SIGN UP' in a light blue, uppercase, sans-serif font.



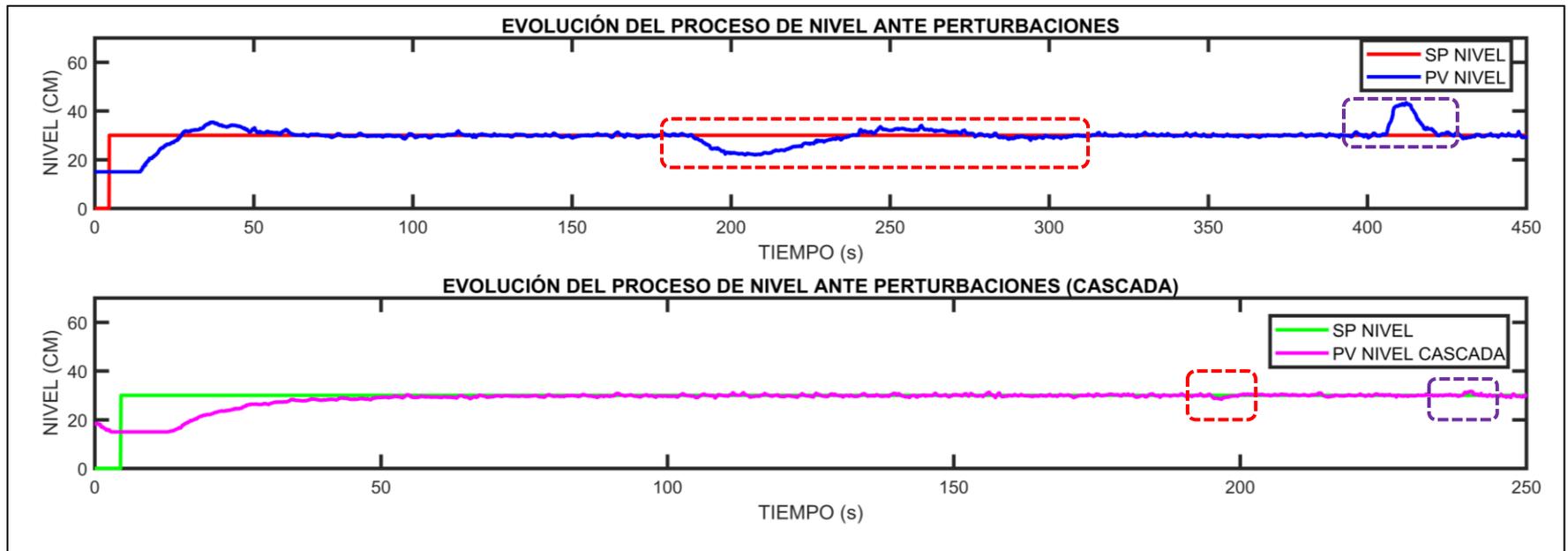
IMPLEMENTACIÓN

Módulo IIoT



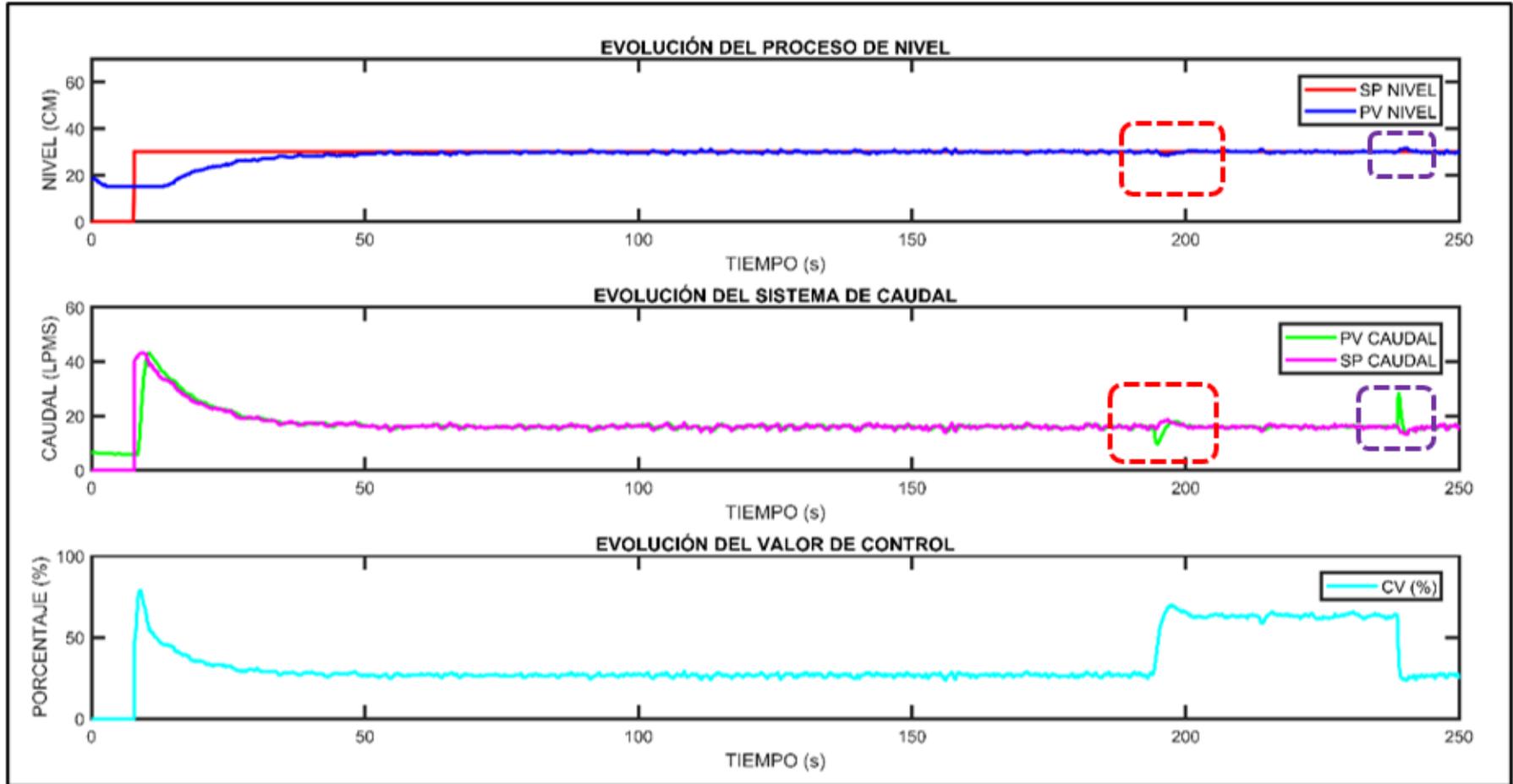
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Funcionamiento del proceso de nivel ante perturbaciones



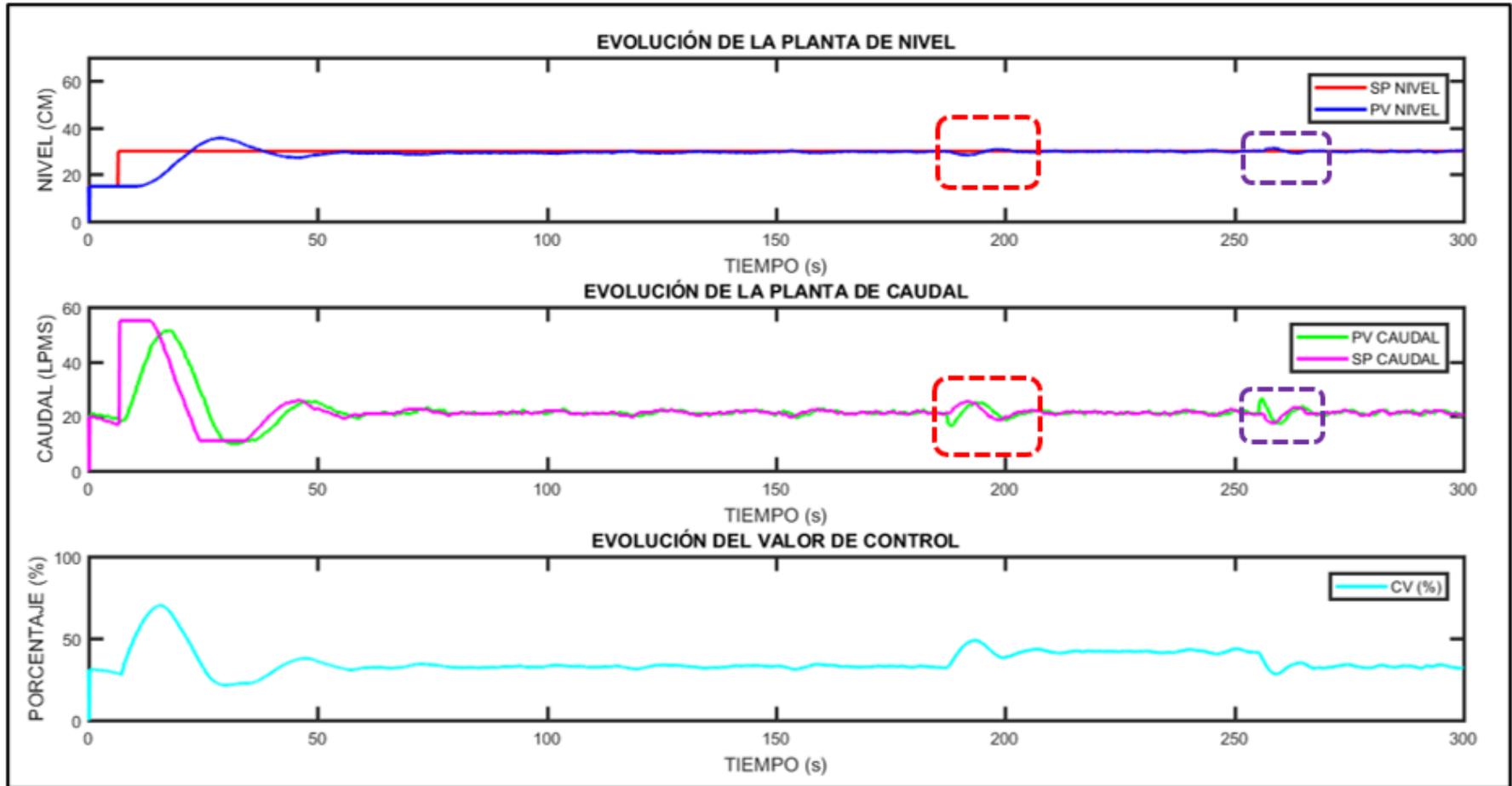
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Funcionamiento del sistema en cascada (Caudal PID-Nivel PID)



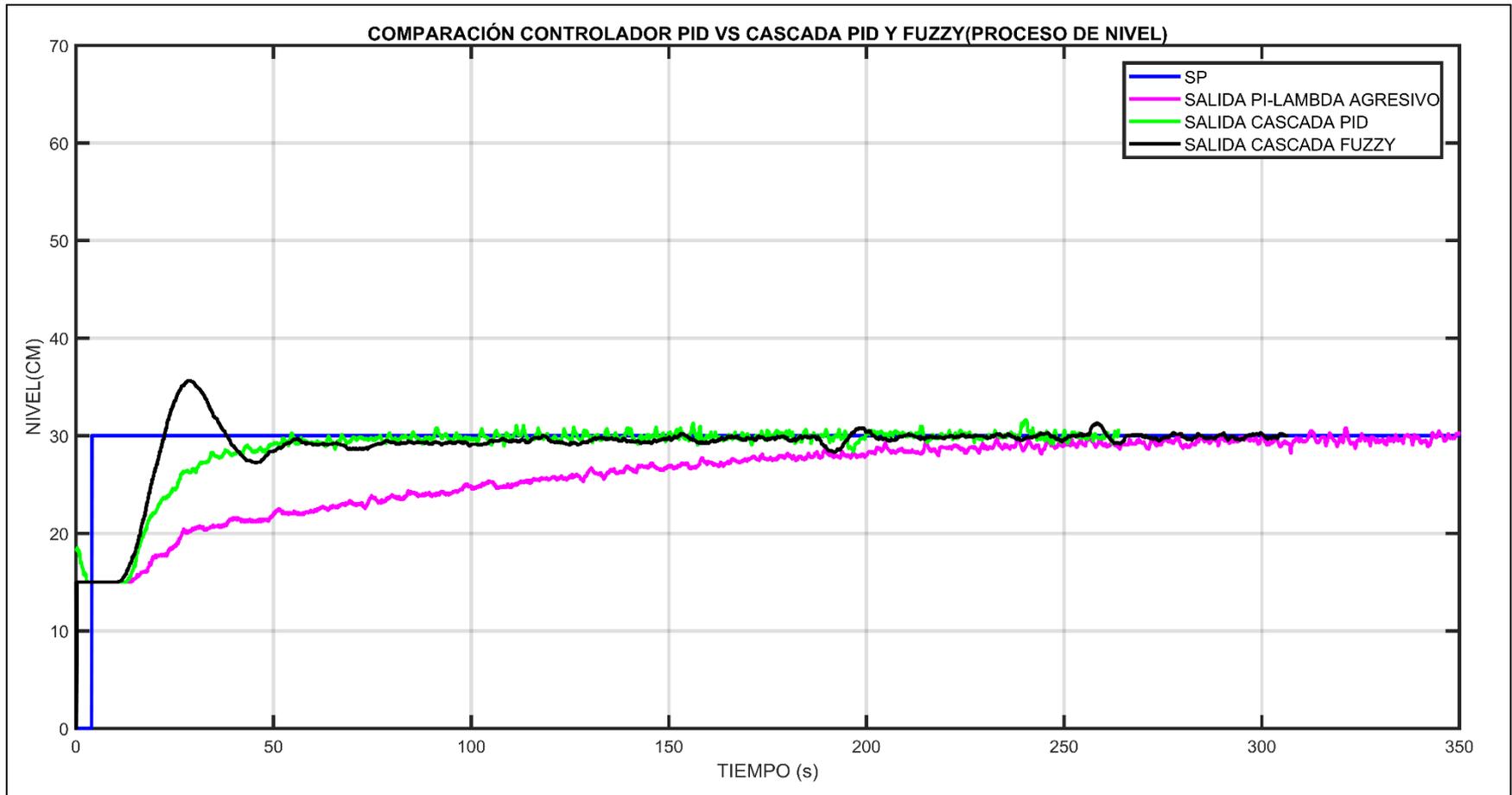
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Funcionamiento del sistema en cascada (Caudal fuzzy-Nivel PID)



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Comparación controlador PID vs cascada PID y Fuzzy (Nivel)



ANÁLISIS DE RESULTADOS

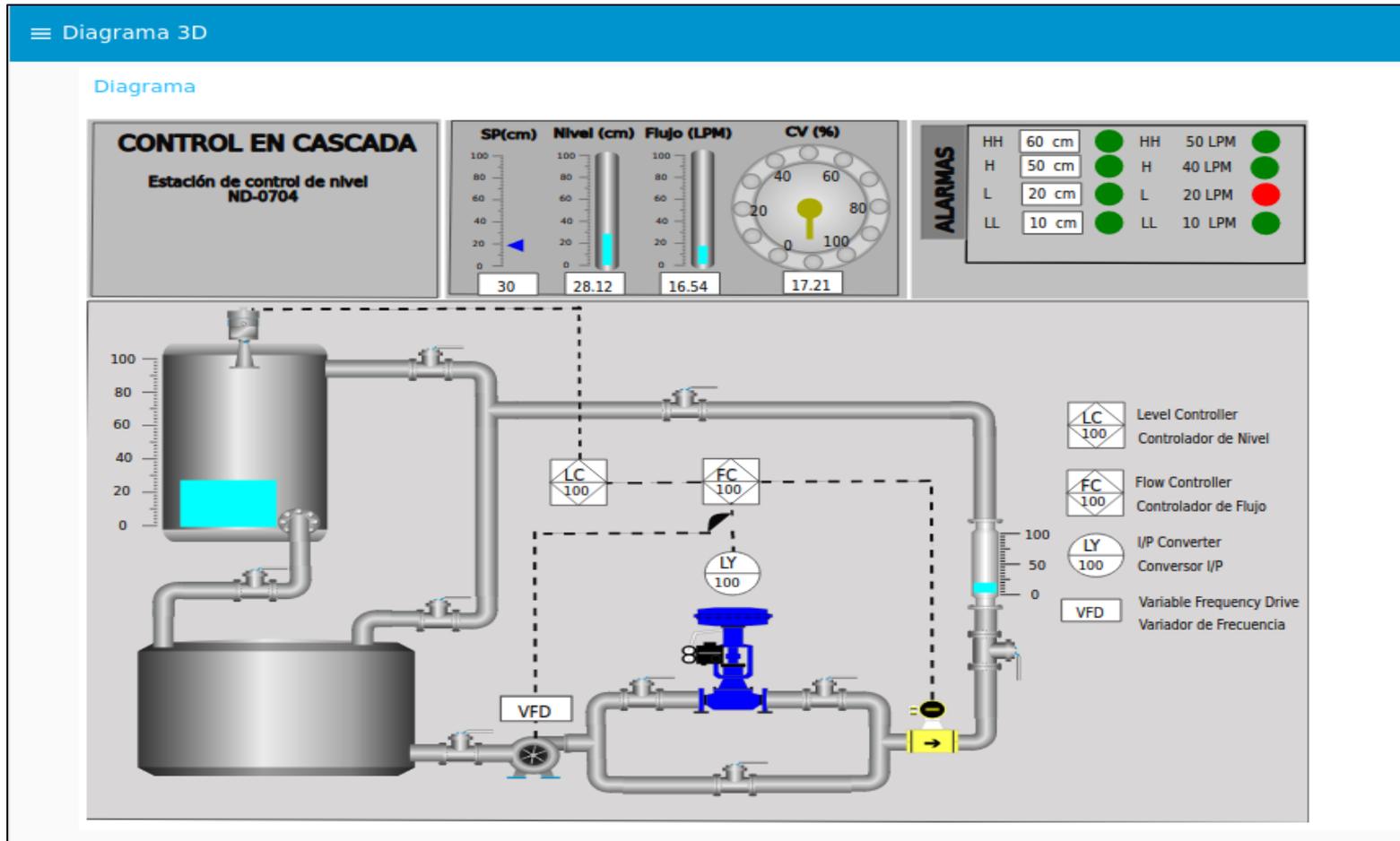
Supervisión y control en la Tinker Touch a un punto de consigna de 30cm

Control	
Setpoint Nivel - Caudal	
30	
Nivel (cm)	27.45
Caudal (LPMS)	16.4
CV Lazo 1	16.94
CV Lazo 2	27.84



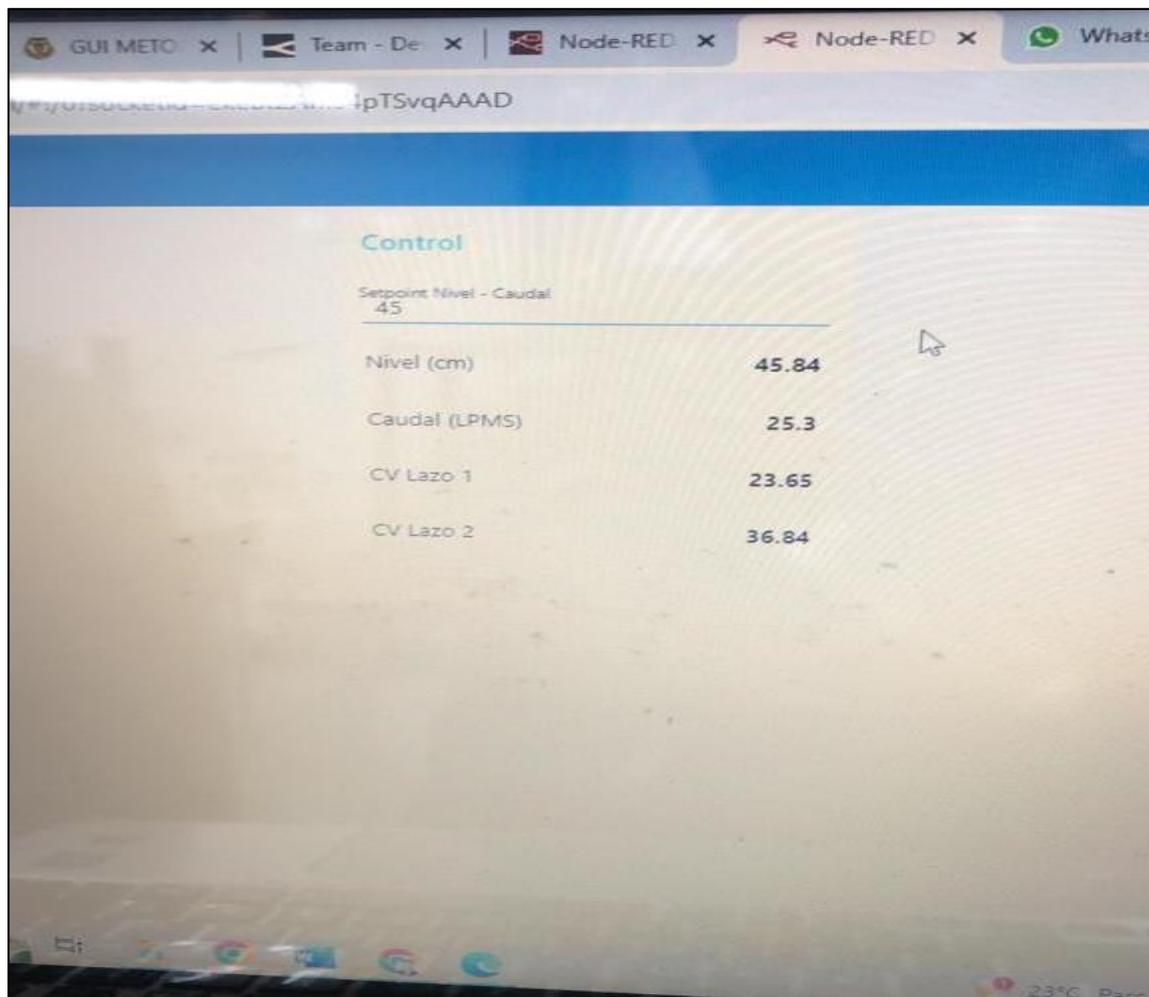
ANÁLISIS DE RESULTADOS

Supervisión y control en diagrama 3D en la Tinker Touch a un punto de consigna de 30cm



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Supervisión y control desde una laptop a un punto de consigna de 45cm



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Supervisión y control desde la APK a un punto de consigna de 30 LPMS



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Costos de dispositivos.

SIEMENS	COSTO (\$)	INDUSTRIAL SHIELDS	COSTO (\$)
PLC S7 1200(6ES7214 - 1BG40-0XB0)	862	PLC M-DUINO 38AR+	350
SIMATIC HMI SIEMENS 7"	2851	TINKER TOUCH 10"	300
MÓDULO IIoT (SIMATIC IOT 2000)	800		
MODULO DE SALIDAS ANALÓGICAS	650		
TOTAL:	5163		650



CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de supervisión y control avanzado en la estación de nivel ND-0704 ha demostrado ser eficiente y efectivo orientado a la industria 4.0 para optimizar el funcionamiento de la estación. La integración de tecnologías como IIoT y PLC M-DUINO ha permitido obtener una supervisión en tiempo real, lo que es fundamental para mejorar la eficiencia operativa del proceso.

CONCLUSIONES

- Se implementaron los algoritmos de control PI, PID mediante el método analítico lo que permitió el uso de los métodos de sintonía Cohen Coon, Haalman y Lambda para los sistemas de caudal y nivel. Del análisis realizado en función del controlador que presente menor sobre impulso (%OS) y menor tiempo de establecimiento (T_s) y una señal de control estable, se obtiene el controlador PI Lambda Robusto para el sistema de caudal (%OS=13.33 y $T_s=12s$) y el controlador PI Lambda Agresivo para el sistema de nivel (%OS=0 y $T_s=325s$).



CONCLUSIONES

- Se implementó el algoritmo de control Fuzzy Logic (Mamdani), realizando la fusificación, mecanismo de inferencia, reglas y defusificación; para el sistema de caudal se utilizaron 49 reglas. Del análisis realizado al controlador difuso para el sistema de caudal se obtiene ($\%OS=0.2$ y $T_s=25s$).
- El diseño del HMI en la Tinker Touch ha facilitado el monitoreo local del sistema de control, brindando a los operadores una visión completa y accesible de todas las variables relevantes. Esto ha aumentado la habilidad para tomar decisiones y la respuesta rápida en responder a situaciones inesperadas.

CONCLUSIONES

- El desarrollo del algoritmo de comunicación en el PLC para la comunicación IIoT ha permitido una integración fluida con la aplicación de supervisión (APK), lo que ha posibilitado el acceso remoto y la monitorización en tiempo real del sistema de control desde ubicaciones externas.

CONCLUSIONES

- Las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento del sistema de control en cascada (Caudal Fuzzy- Nivel PID), han proporcionado información valiosa sobre el rendimiento de los equipos e instrumentos industriales y han permitido identificar el controlador más eficiente para este caso particular fue el proporcional integral Lambda Agresivo para el proceso de nivel. Se logró observar que, al realizar perturbaciones, el lazo secundario las compensaba rápidamente para que el lazo primario sufra un mínimo cambio y así mantener el punto de consigna.

CONCLUSIONES

- Las pruebas de funcionamiento del sistema de supervisión han confirmado su adecuado desempeño y comunicación, asegurando que los datos relevantes se transmitan con precisión y en tiempo real para su análisis y toma de decisiones.
- El desarrollo de la comunicación industrial con la nube se logró con la ayuda de la utilización de la herramienta Node-Red para la programación en bloques mediante librerías de protocolos de comunicación como es el MQTT (Tinker Touch- Nube y viceversa) y Modbus TCP/IP para la comunicación con el autómatas (Tinker Touch- Autómatas y viceversa).

RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento del PLC M-DUINO y la Tinker Touch se deben considerar el manual de los mismos, proporcionados por Industrial Shields para así evitar posibles inconvenientes en el futuro.
- Se recomienda tener en cuenta que tipo de proceso se va a controlar, ya que difieren entre si los métodos de sintonía para los controladores, en este caso específico se consideró un proceso auto regulado tanto para caudal y nivel.
- Para la programación en el software Arduino se recomienda tener conocimiento básico en programación del lenguaje #C.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA