



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ANTICIPATIVO EN LA ESTACIÓN DE NIVEL LABVOLT 3503_M2 CON UN ENFOQUE IOT, EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS.

AUTORES:

CORDONEZ ARIAS, JIMMY WILFRIDO

MORALES PÉREZ, JENYFFER STEPHANY

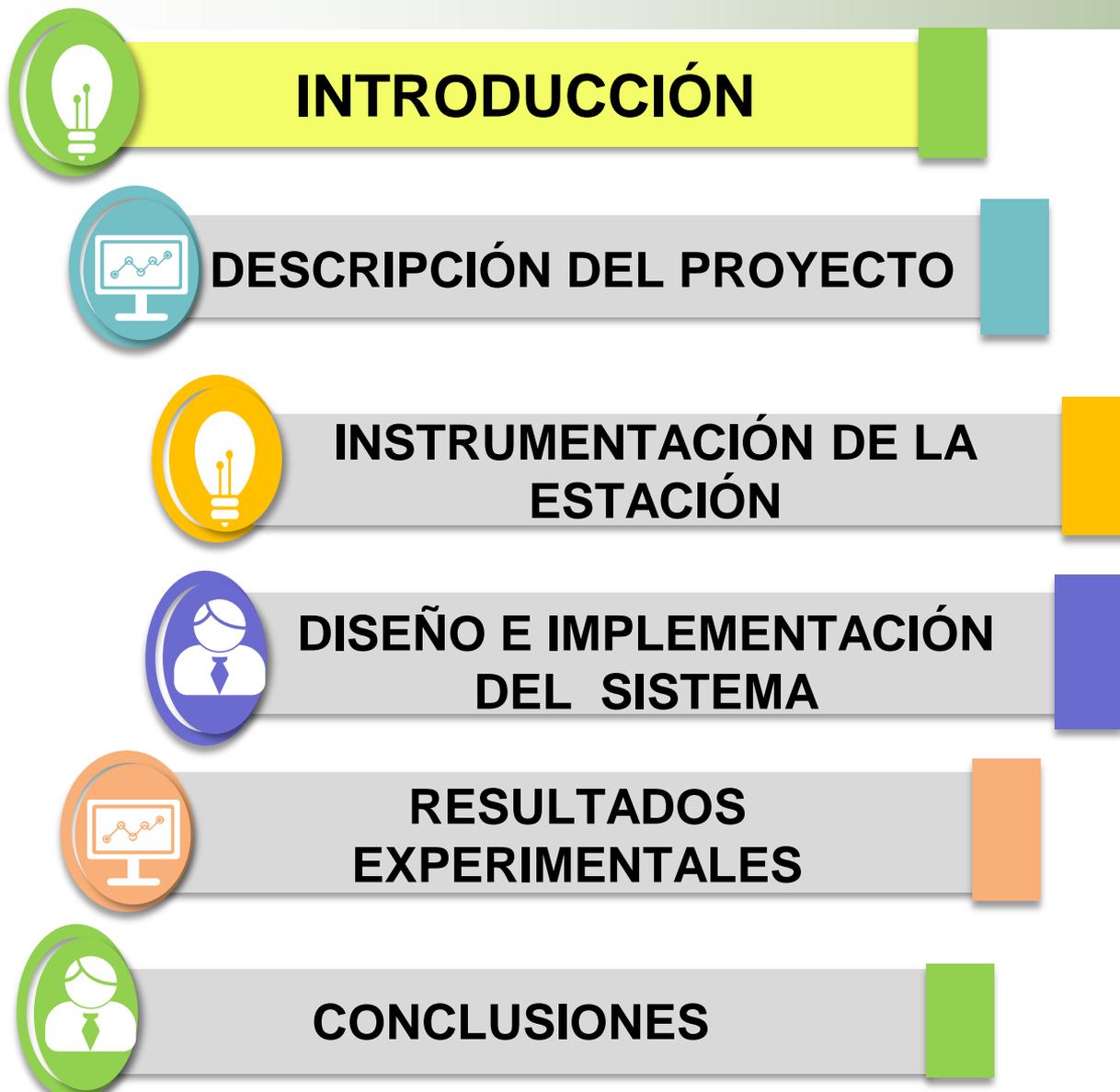
DIRECTOR:

ING. PRUNA PANCHI, EDWIN PATRICIO



Latacunga 2023



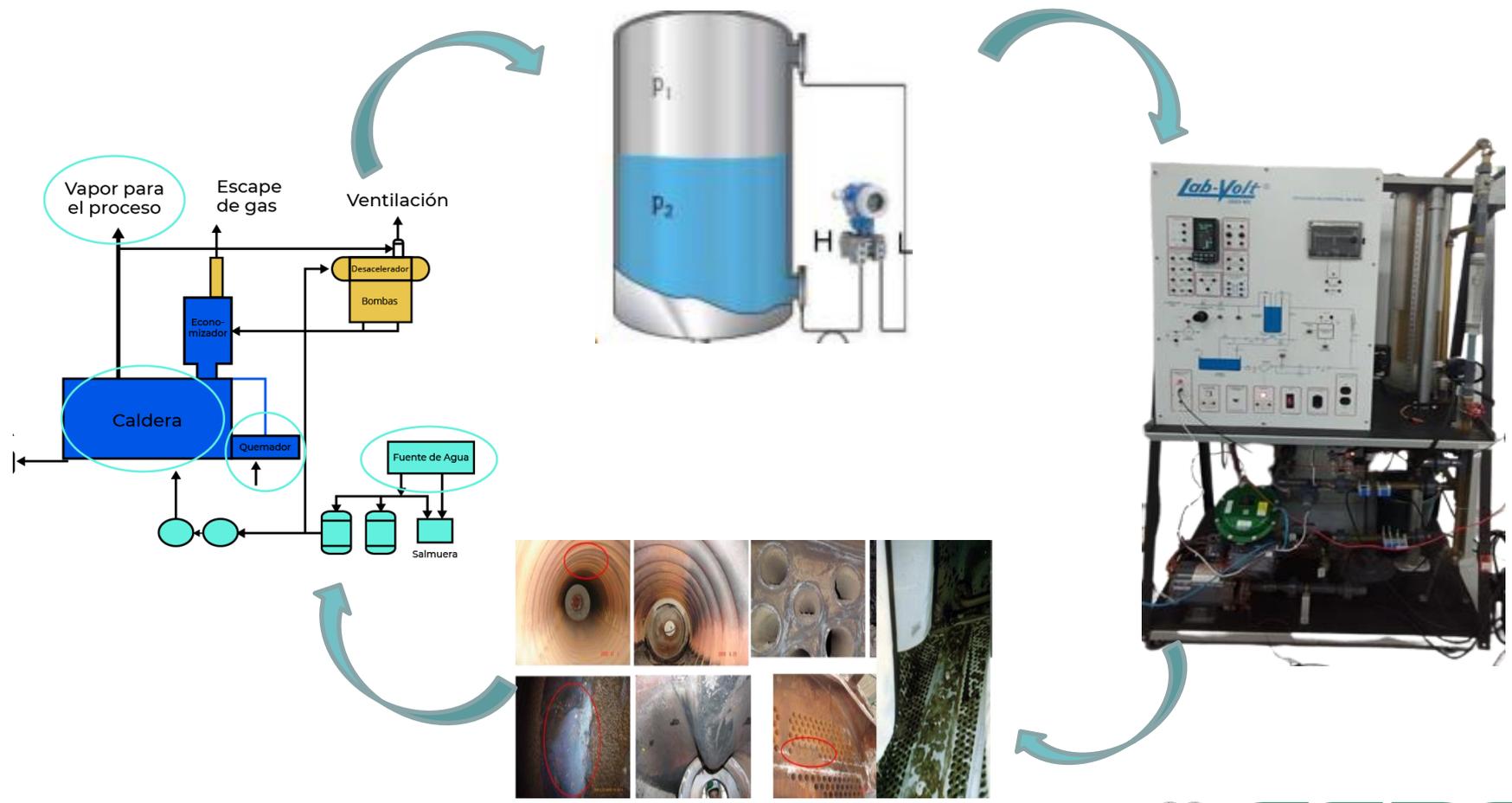


AGENDA



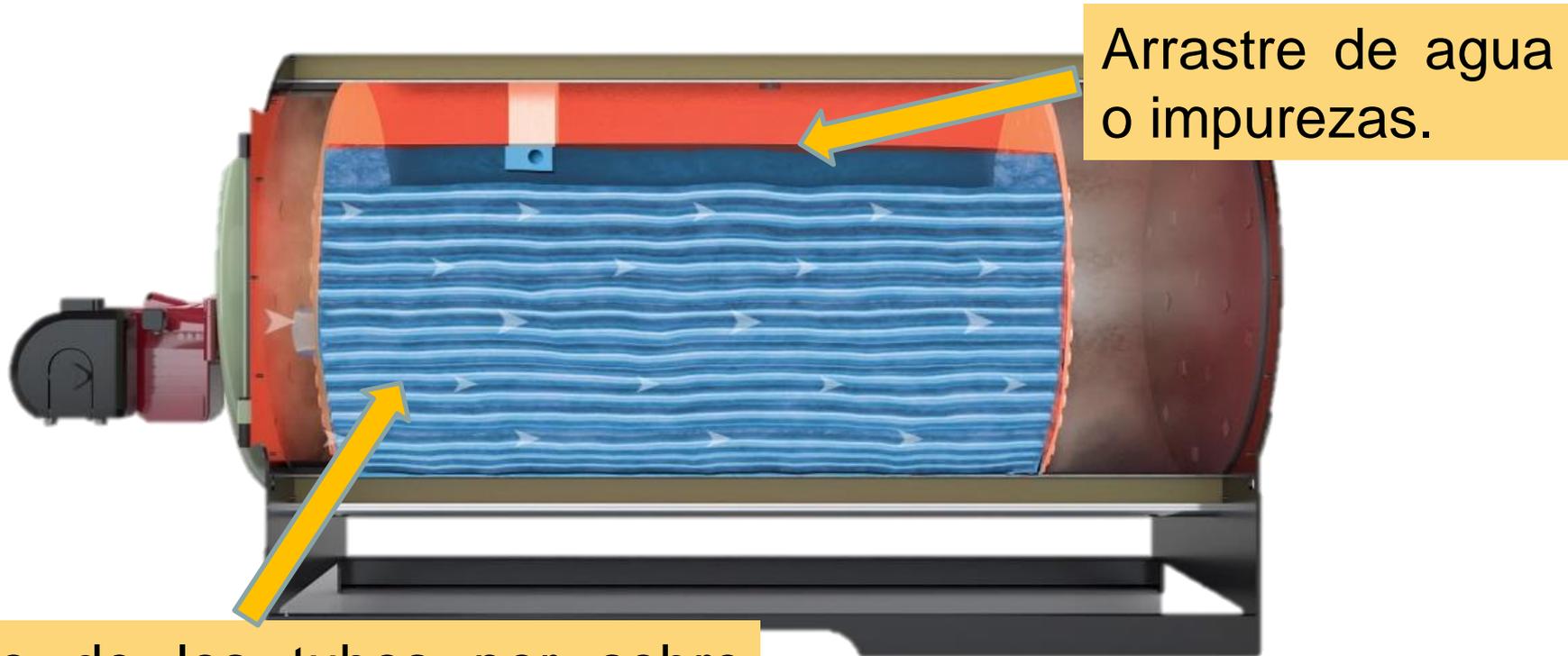


PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA





CONTROL DEL NIVEL DE LÍQUIDO EN EL TAMBOR DE UNA CALDERA



Arrastre de agua o impurezas.

Fallo de los tubos por sobre calentamiento por falta de agua en las superficies de ebullición.





OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de control anticipativo en la estación de Nivel Labvolt 3503_M2 con un enfoque IoT.





OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar el funcionamiento y mantenimiento correctivo del transmisor de nivel.

Implementar 2 transmisores de caudal a la entrada y salida del sistema respectivamente.

Implementar la estrategia de control anticipativo en la estación de Nivel Labvolt 3503_M2.





OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar el control automático de nivel en lazo simple vs control anticipativo.

Diseñar un HMI para el sistema de control de nivel en el software LabView que permita el monitoreo y control de las variables de interés.

Implementar una comunicación IoT que permita el envío de las variables de interés del sistema de nivel a la nube.



Estudio de control automático considera controles avanzados.

Control de variables con la mínima supervisor del usuario.

Utiliza sensores, transmisores, controladores y actuadores.



Permite realizar tres operaciones básicas: medición, decisión y acción

Los procesos son dinámicos por naturaleza.

El control avanzado da una respuesta automática a las condiciones cambiantes.





INTRODUCCIÓN



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



**INSTRUMENTACIÓN DE LA
ESTACIÓN**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DEL SISTEMA**



**RESULTADOS
EXPERIMENTALES**



CONCLUSIONES



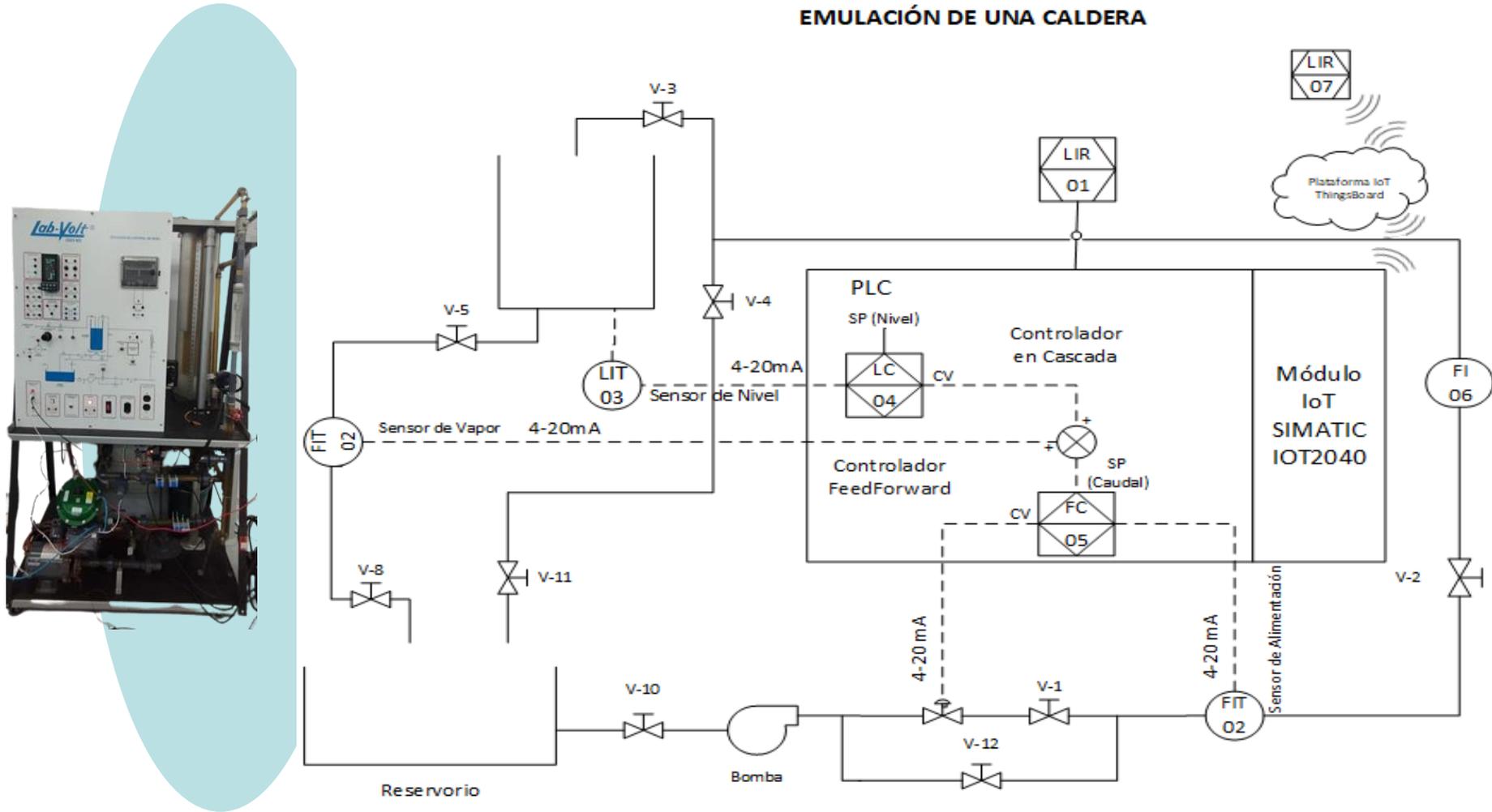
AGENDA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ESTACIÓN DE NIVEL LABVOLT 3503_M2 CONTROL ANTICIPATIVO EMULACIÓN DE UNA CALDERA





INTRODUCCIÓN



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



INSTRUMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA



RESULTADOS EXPERIMENTALES



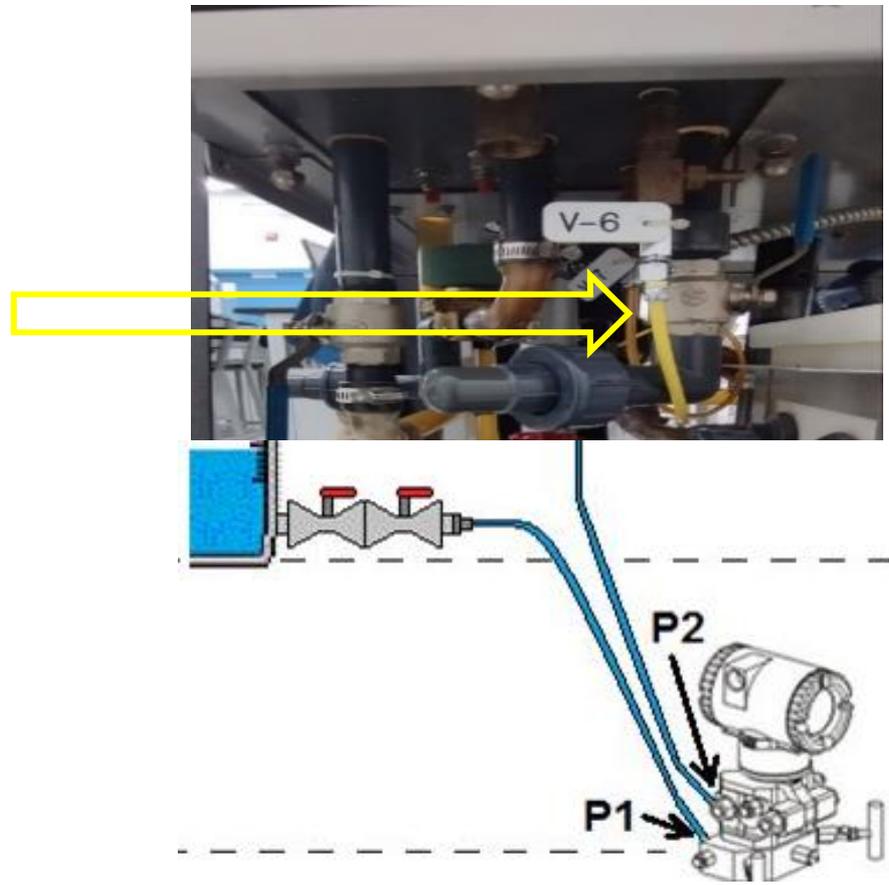
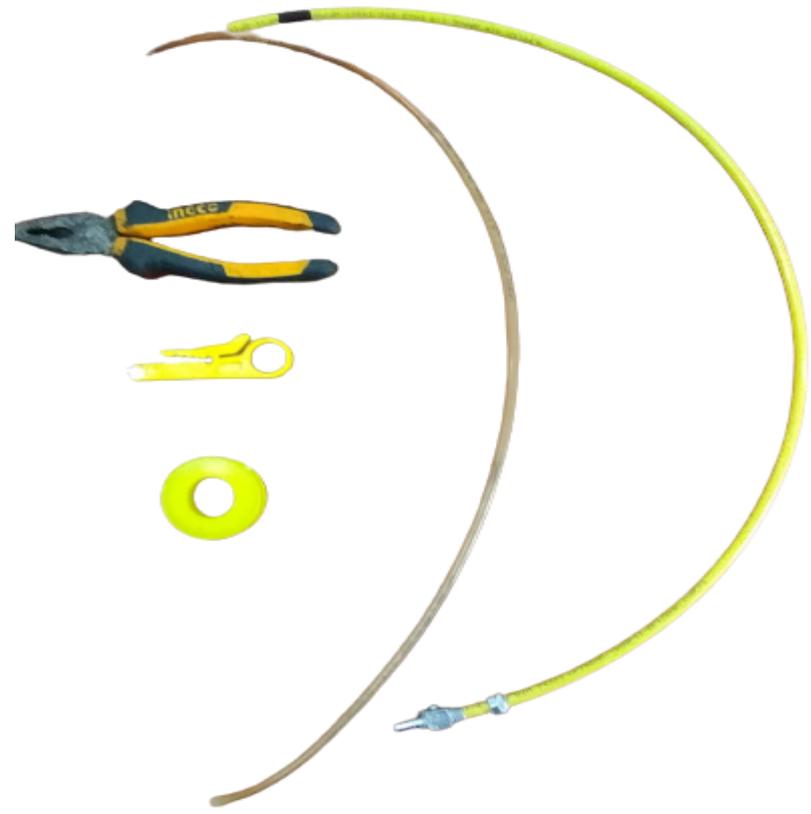
CONCLUSIONES

AGENDA



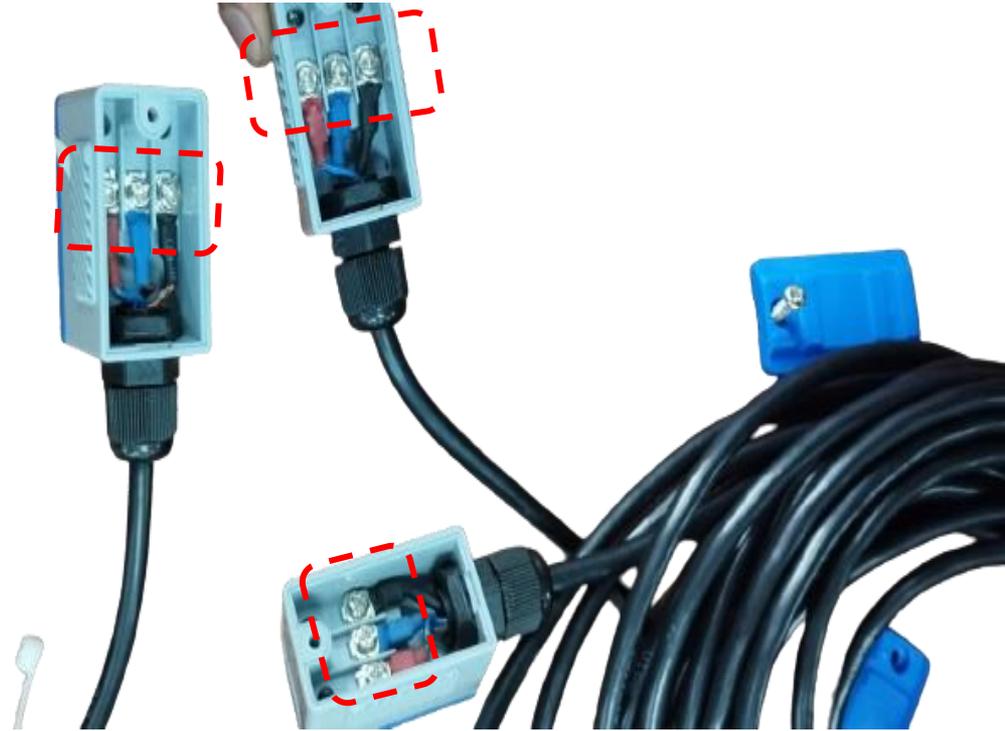
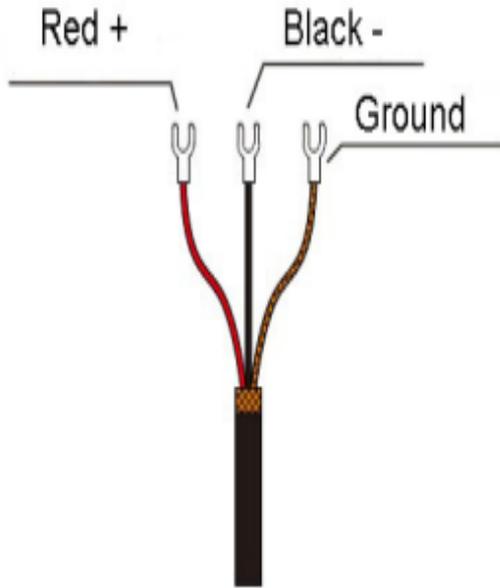
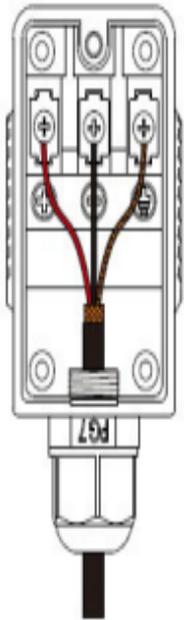


MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL TRANSMISOR DE NIVEL



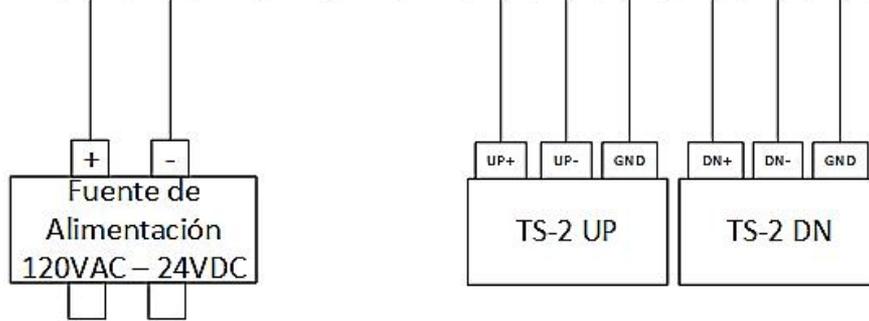
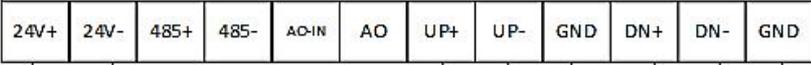


INSTRUMENTACIÓN DE TRANSMISORES DE CAUDAL



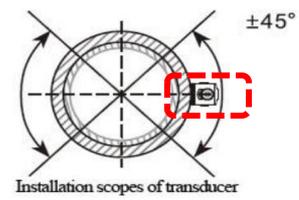
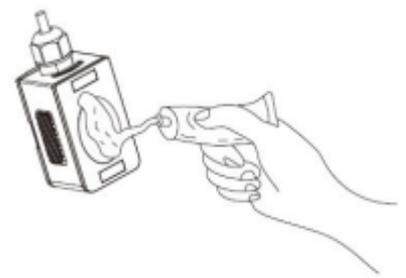
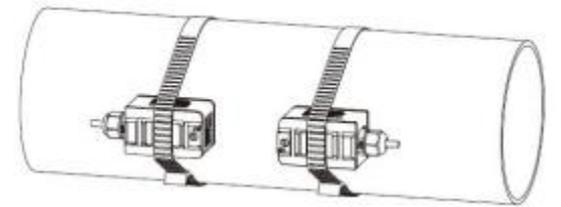
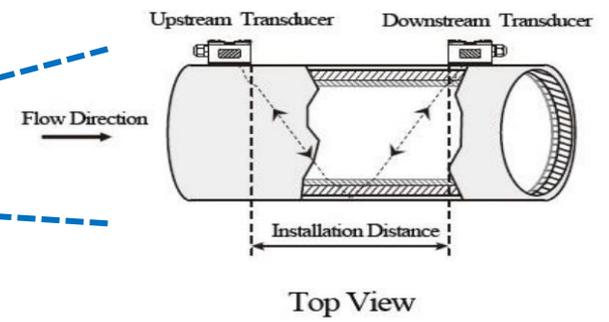
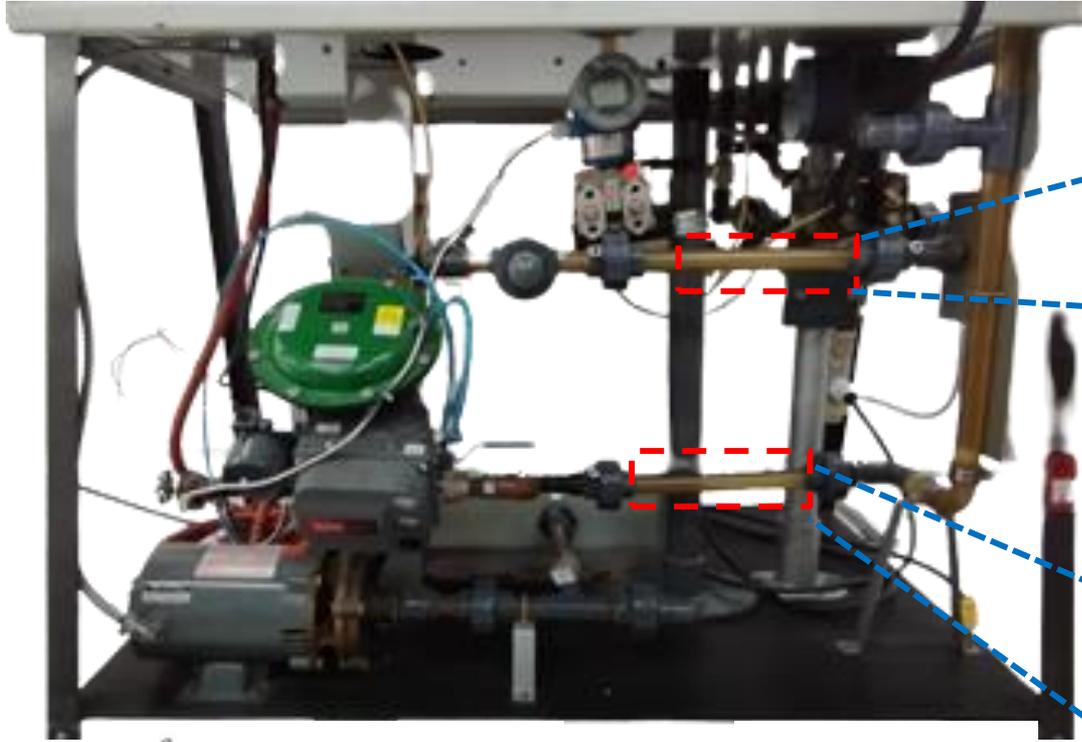


INSTRUMENTACIÓN DE TRANSMISORES DE CAUDAL





COLOCACIÓN DE TRANSMISORES DE CAUDAL



Side View





CONFIGURACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS TRANSMISORES DE CAUDAL

Configuración	Código	V. tubería
Diámetro exterior de tubería	M11	26,9 mm
Espesor de pared	M12	3 mm
Tipo de material	M14	PVC
Tipo de fluido	M20	Agua
Tipo de sensor	M23	TS-2 Clamp on
Disposición de sensores	M24	0. V
Guardar parámetros	M26	1

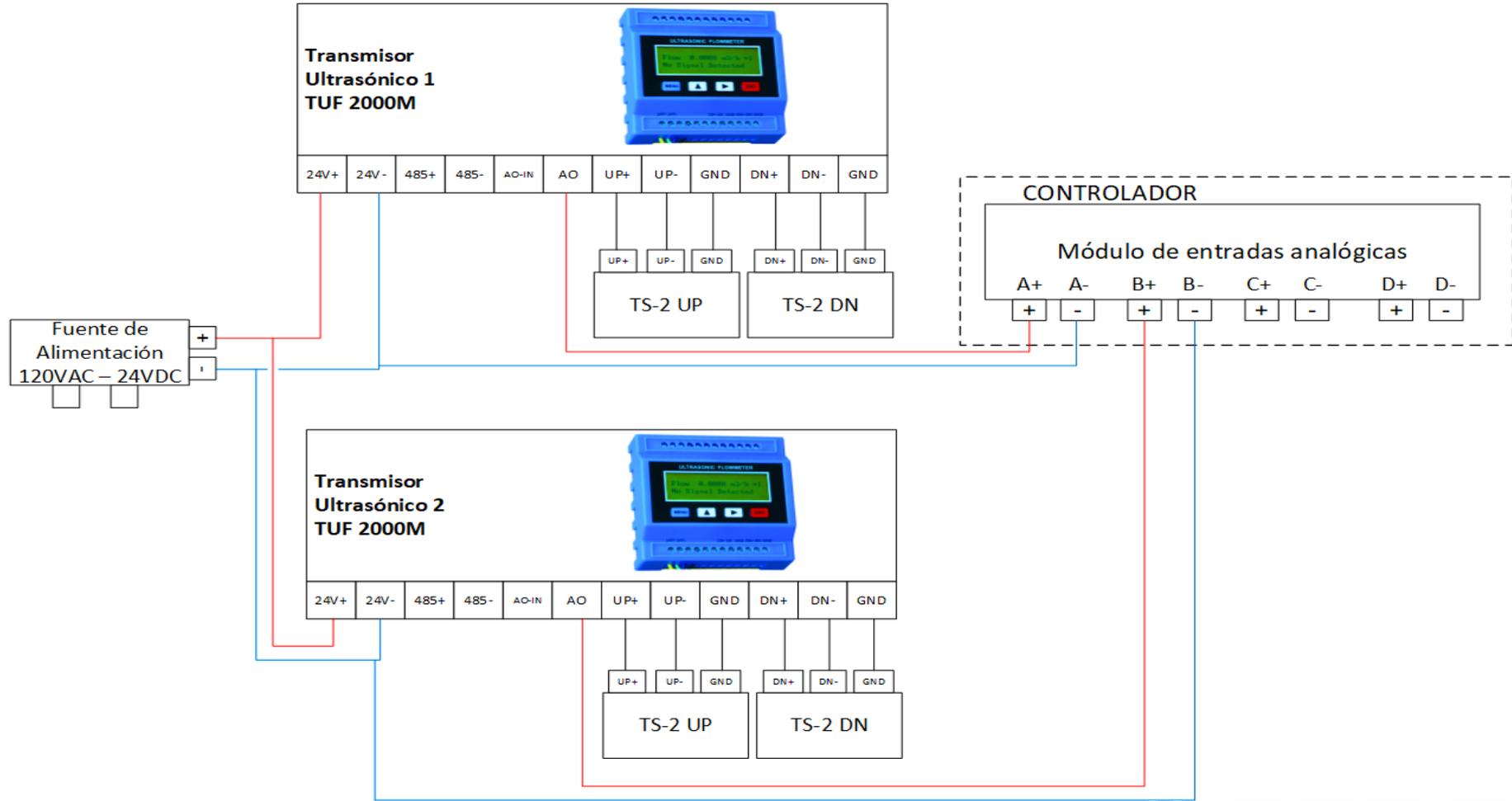


Valor de calidad Q	Evaluación de instalación
< 60	No puede trabajar
60 - 75	Malo
75 - 80	Bueno
> 80	Excelente





DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LOS TRANSMISORES DE CAUDAL





INTRODUCCIÓN



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



INSTRUMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA



RESULTADOS EXPERIMENTALES



CONCLUSIONES

AGENDA





DISEÑO DEL CONTROL ANTICIPATIVO





ADQUISICIÓN DE DATOS

ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA ESTACIÓN DE NIVEL LABVOLT 3503 M2

CV

PV

CV
PV

Gráfico de PV y CV en función del tiempo

Tiempo	Nivel CV [plg]	Nivel PV [plg]
0	0	0
50	55	10
100	55	14
150	55	15
200	55	15
250	55	15
300	55	15
350	55	15
400	55	15

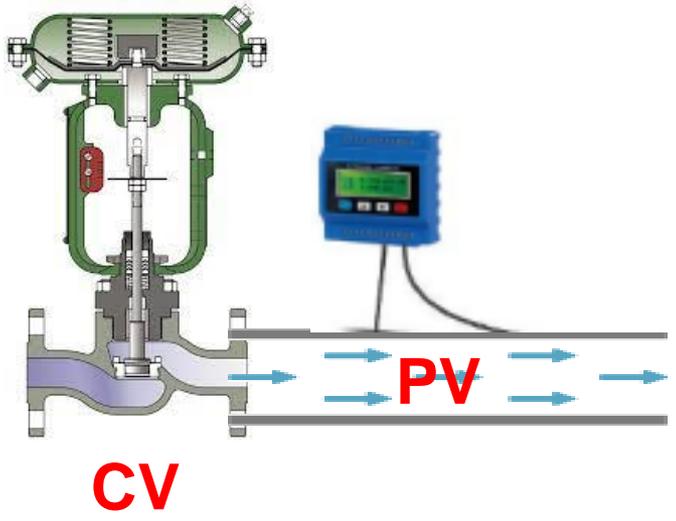
19:00:00,000 31/12/1903 19:00:05,000 31/12/1903



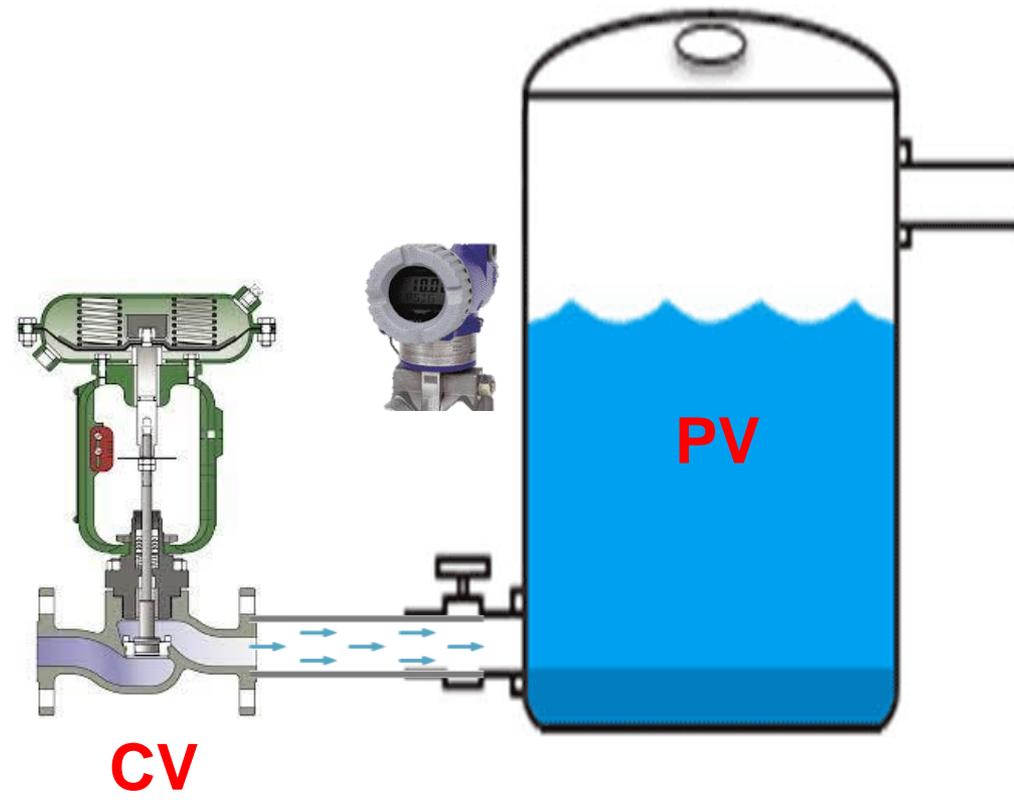


ADQUISICIÓN DE DATOS

CAUDAL



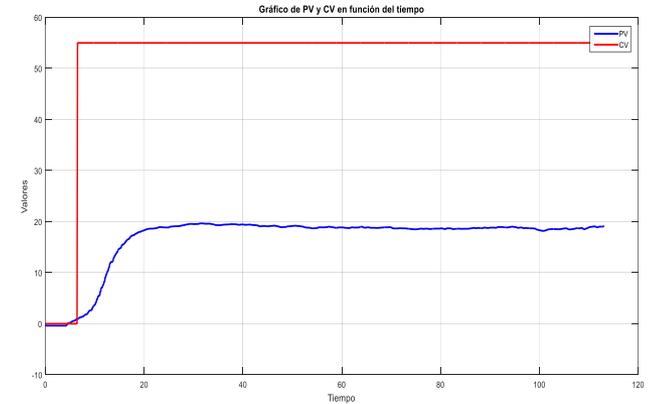
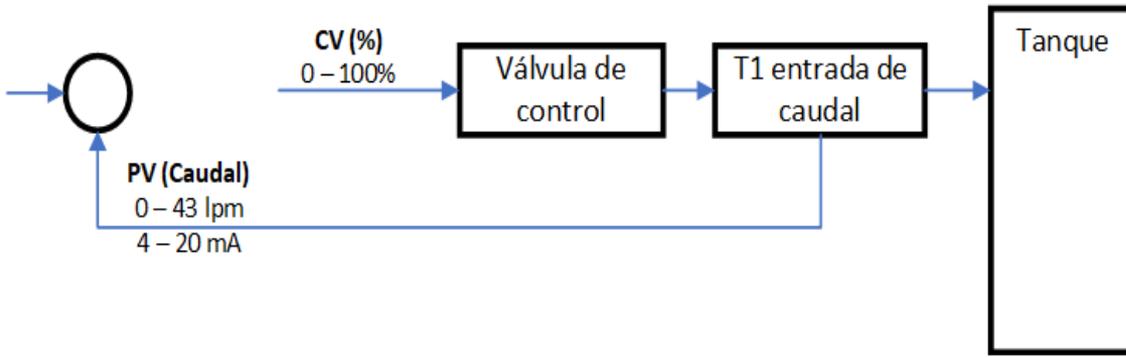
NIVEL



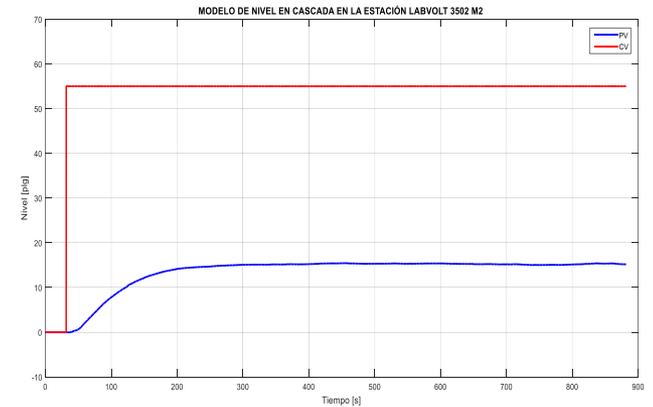
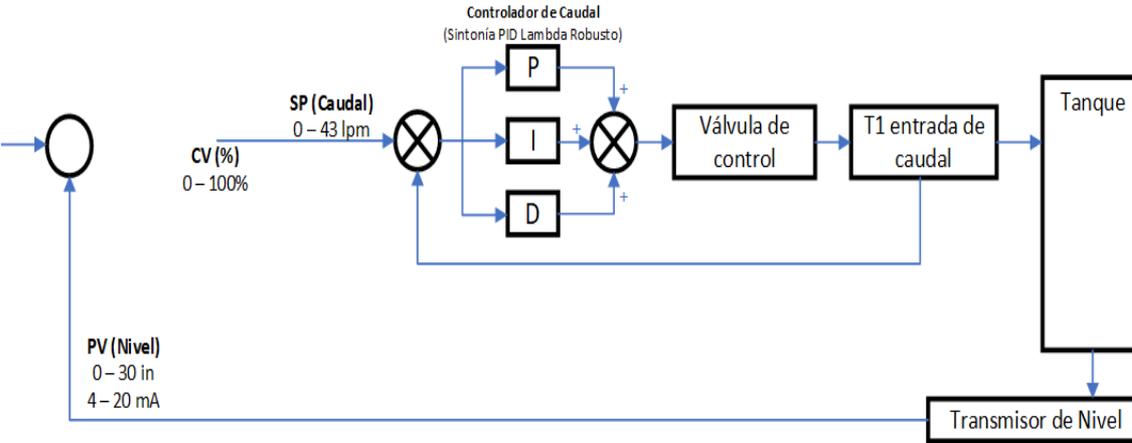


ADQUISICIÓN DE DATOS

ADQUISICIÓN DEL MODELO DE CAUDAL – CONTROLADOR FEEDBACK



ADQUISICIÓN DEL MODELO DE NIVEL – CONTROLADOR EN CASCADA





OBTENCIÓN DEL MODELO

▶▶▶ NIVEL EN LAZO SIMPLE

$$G(s) = \frac{0.28946}{50.472s + 1} e^{-1.4712s}$$

▶▶▶ CAUDAL EN LAZO SIMPLE

$$G(s) = \frac{0.3444}{3.7939 + 1} e^{-2.8106s}$$

▶▶▶ NIVEL EN CASCADA

$$G(s) = \frac{0.28018}{82.094s + 1} e^{-3s}$$





CÁLCULO DE PARÁMETROS

NIVEL

	Método	K	T _i (min)	T _d (min)
Lambda Robusto	PI	1.14	50.47	-
	PID	1.16	51.20	0.73
Lambda Agresivo	PI	3.34	50.47	-
	PID	3.45	51.20	0.73

CAUDAL

	Método	K	T _i (s)	T _d (s)
Lambda Robusto	PI	0.79	3.79	-
	PID	1.20	5.20	1.03
Lambda Agresivo	PI	1.69	3.79	-
	PID	2.94	5.20	1.03

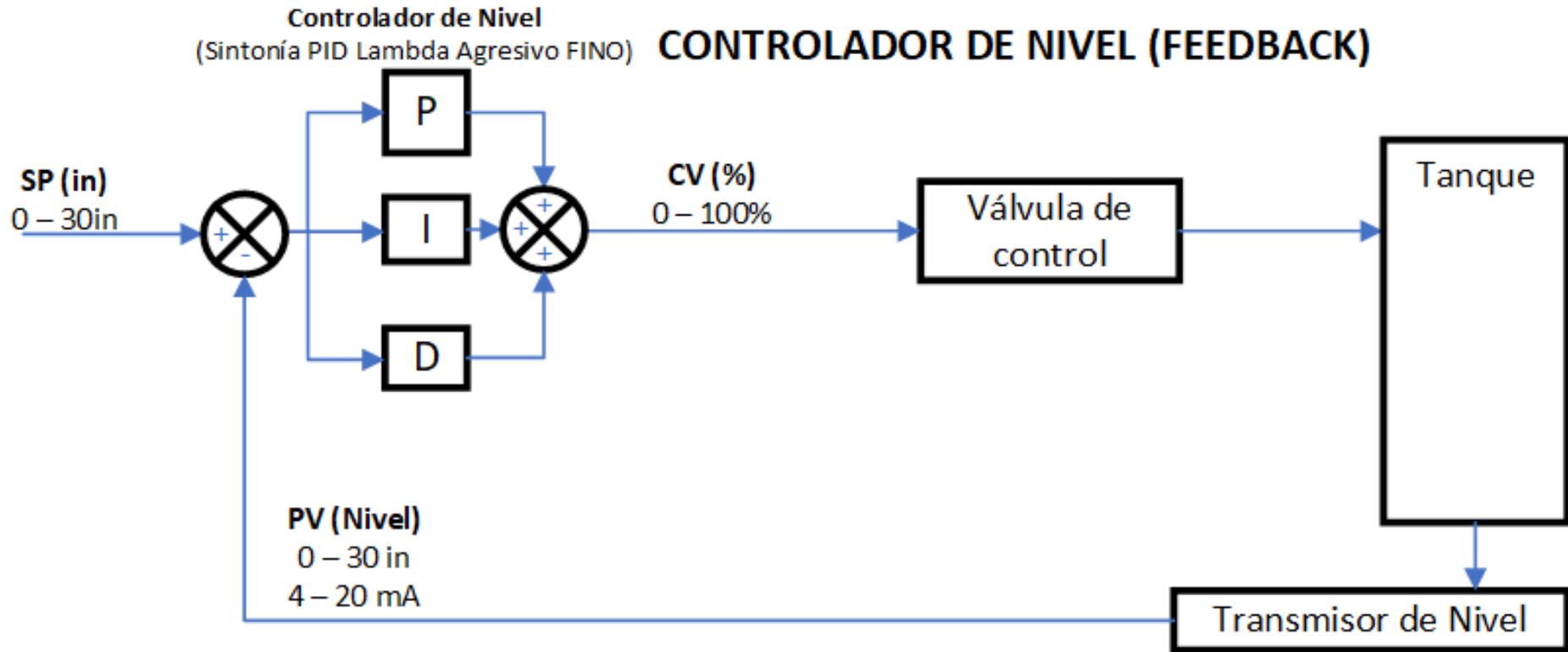
NIVEL CASCADA

	Método	K	T _i (s)	T _d (s)
Lambda Robusto	PI	1.17	82.10	-
	PID	1.20	83.6	1.47
Lambda Agresivo	PI	3.45	82.10	-
	PID	3.57	83.6	1.47





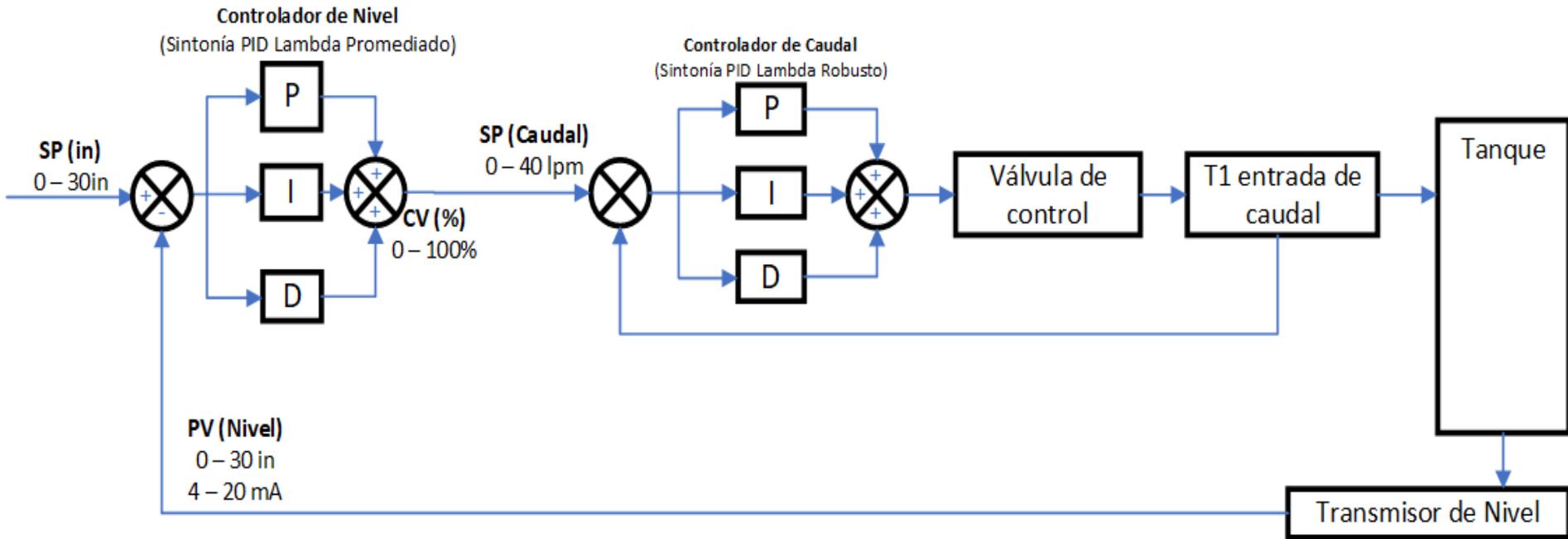
DISEÑO DEL CONTROL SIMPLE PID





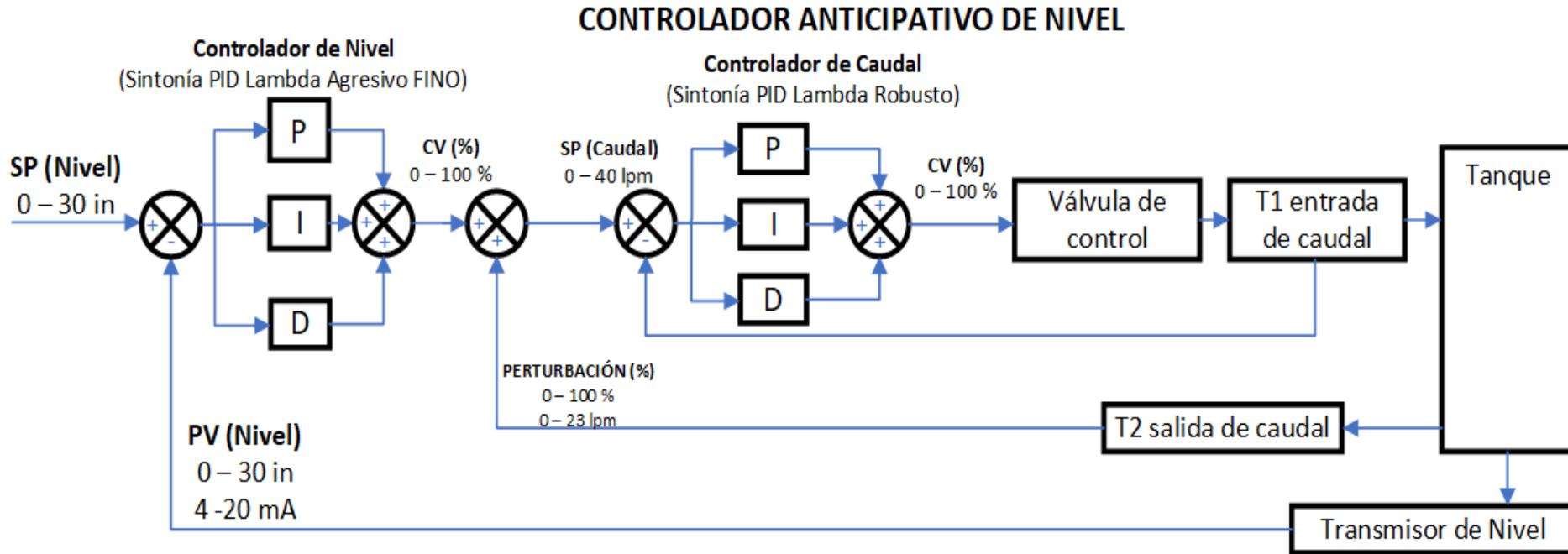
DISEÑO DEL CONTROL EN CASCADA

CONTROLADOR EN CASCADE DE NIVEL





DISEÑO DEL CONTROL ANTICIPATIVO





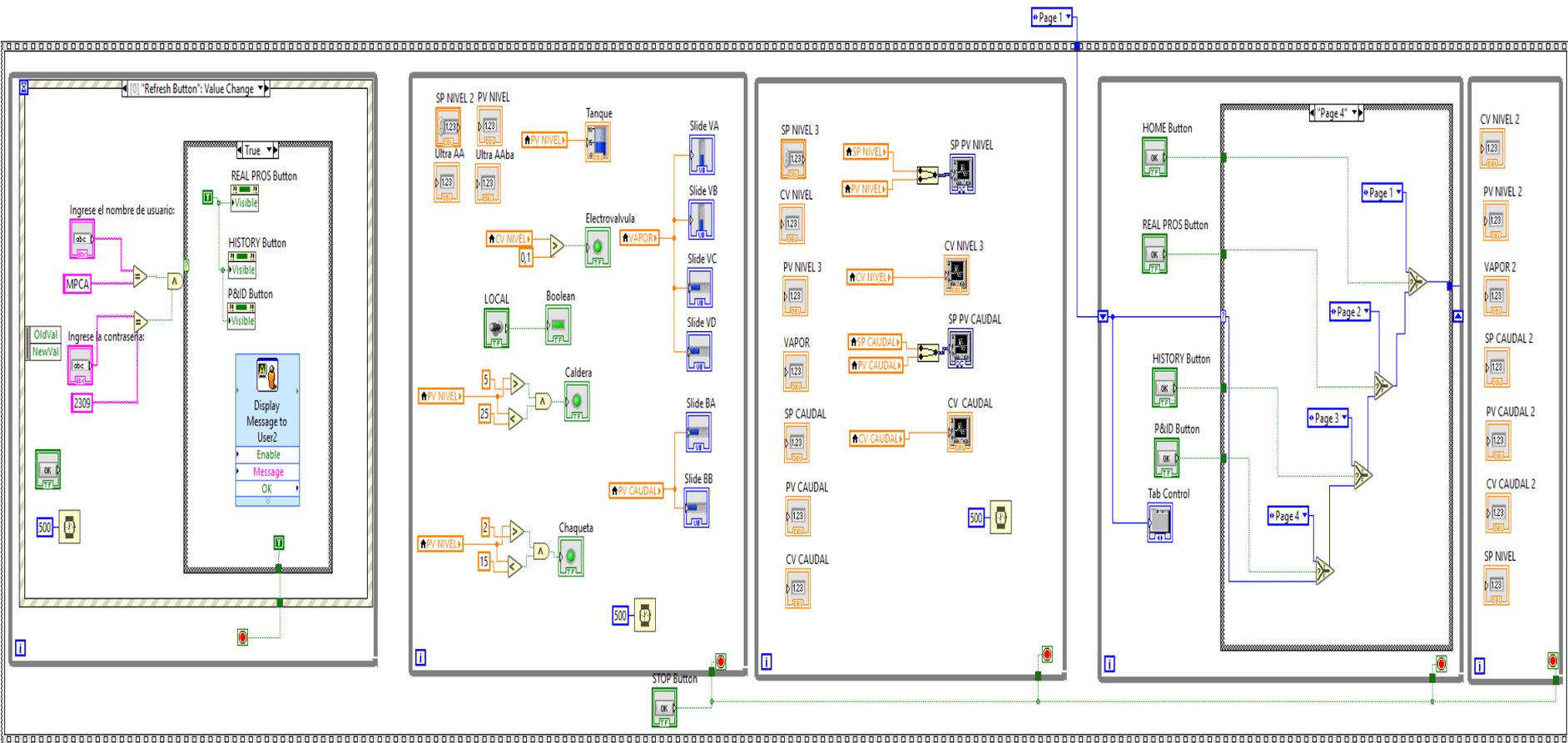
DISEÑO DEL HMI LOCAL







DIAGRAMA DE BLOQUES





INICIO
 EMULACIÓN DEL PROCESO
 HISTÓRICOS
 DIAGRAMA P&ID
 STOP

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sede Latacunga

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ANTICIPATIVO EN LA ESTACIÓN DE NIVEL LABVOLT 3503_M2 CON UN ENFOQUE IOT, EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS.

AUTORES:
MORALES PÉREZ, JENYFFER STEPHANY
CORDONEZ ARIAS, JIMMY WILFRIDO

TUTOR:
Ing. PRUNA PANCHI, EDWIN PATRICIO

Ingrese el nombre de usuario:

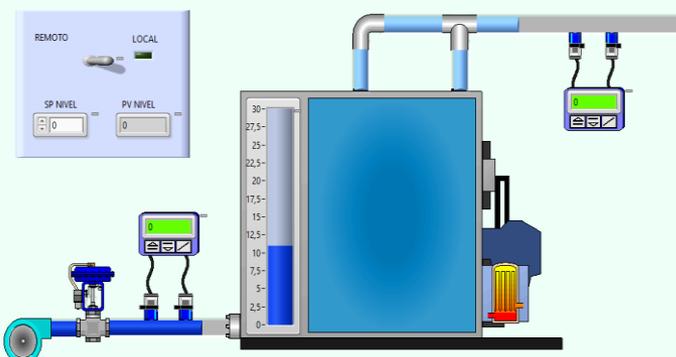
Ingrese la contraseña:

INICIAR SESIÓN



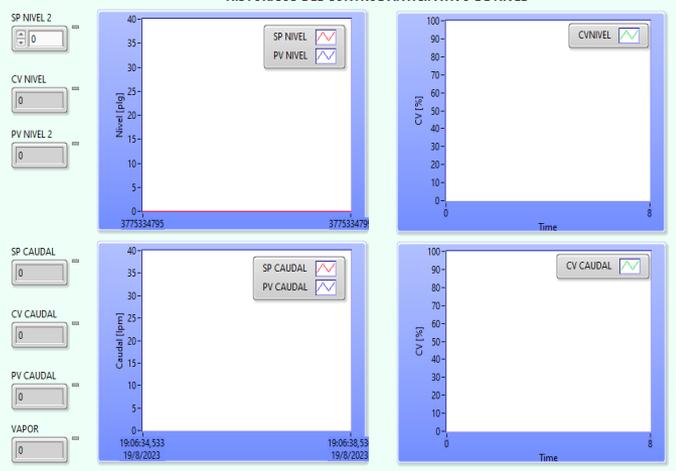
INICIO
 EMULACIÓN DEL PROCESO
 HISTÓRICOS
 DIAGRAMA P&ID
 STOP

CONTROL ANTICIPATIVO DE NIVEL EN UNA CALDERA



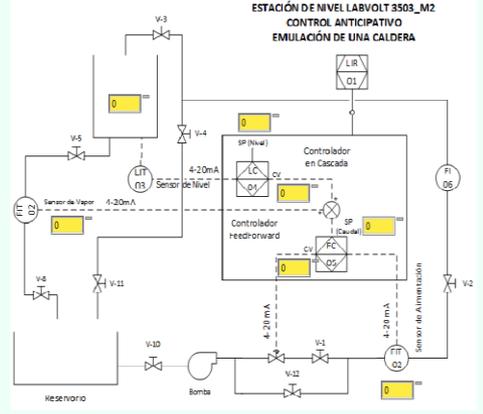
INICIO
 EMULACIÓN DEL PROCESO
 HISTÓRICOS
 DIAGRAMA P&ID
 STOP

HISTÓRICOS DEL CONTROL ANTICIPATIVO DE NIVEL



INICIO
 EMULACIÓN DEL PROCESO
 HISTÓRICOS
 DIAGRAMA P&ID
 STOP

DIAGRAMA P&ID DE LA ESTACIÓN DE NIVEL DE UNA CALDERA PARA EL CONTROL ANTICIPATIVO





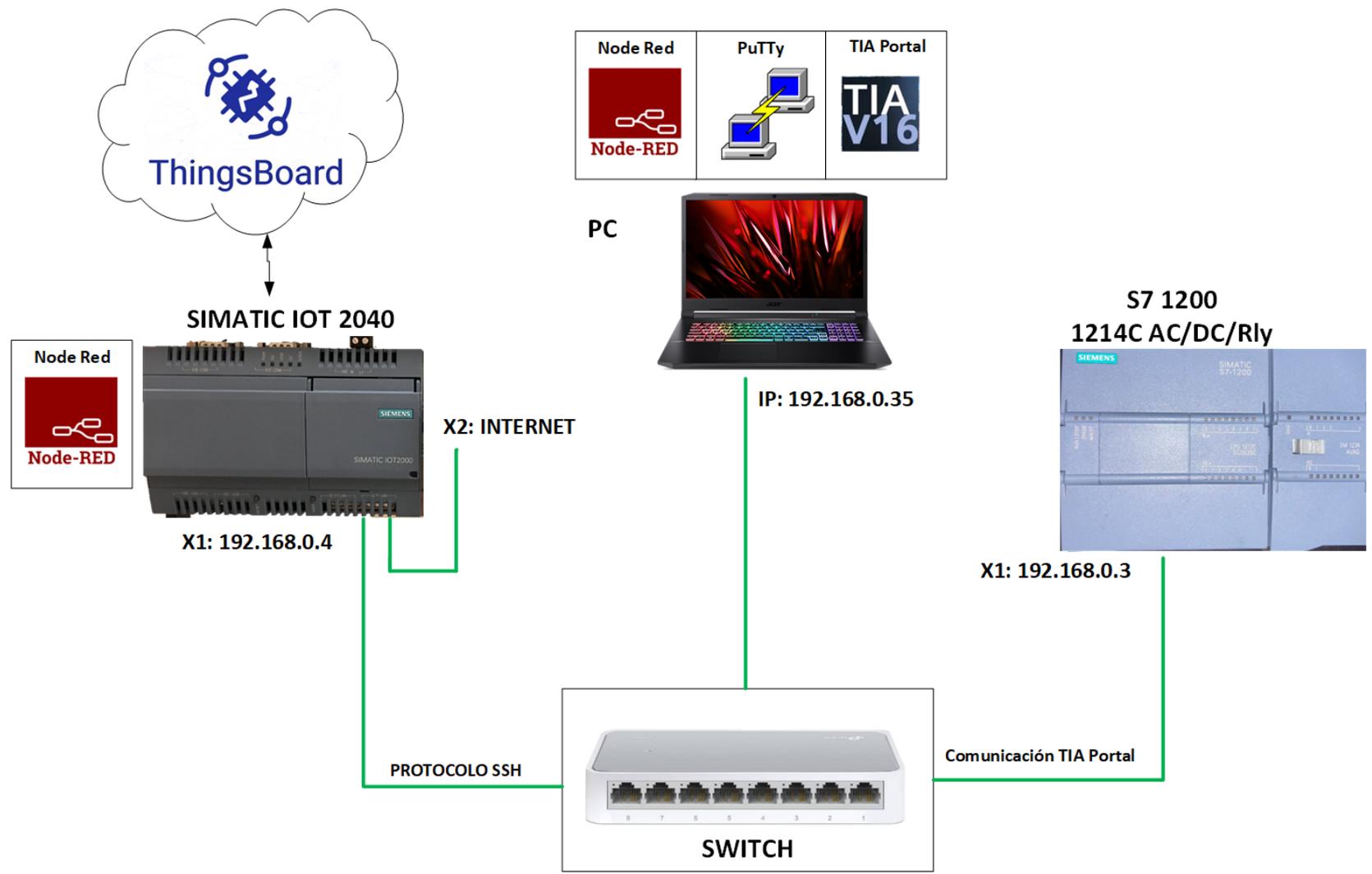


APLICACIÓN IOT HMI REMOTO



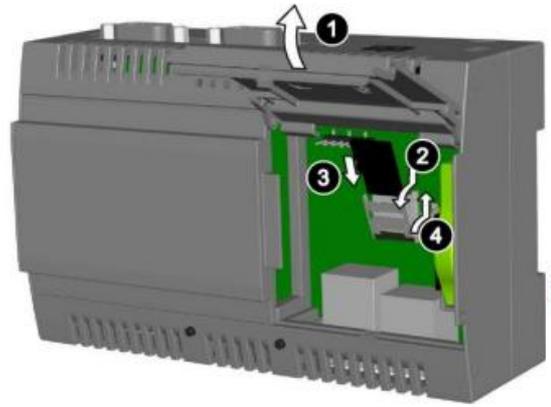


RED DE COMUNICACIÓN ENTRE EL MÓDULO IOT – PLC - ORDENADOR





CONFIGURACIÓN DE NODE RED CON EL MÓDULO IoT



1

```

192.168.0.4 - PuTTY
login as: root
Last login: Tue Aug 8 19:39:52 2023 from 192.168.0.50
root@iot2000:~# iot2000setup

```

```

IOT2000 Setup
OS Settings
Networking
Software
Peripherals

IOT2000 Setup
x Quit x

```

2

```

Software
Set Package Repository
Manage Packages
Manage Autostart Options

Software
x Back x

```

3

```

Autostart Services
[*] Node-RED
[*] SSH Server
[*] Mosquitto Broker
[*] Galileo Arduino Runtime
[*] ICF Debugger Agent

Autostart Services
x Ok x
Autostart Services
x Cancel x

```

4





CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS

Nombre: IOT_NODE

Tipo: DB global

Lenguaje: DB

Número: 4

Manual Automático

Descripción: Los bloques de datos (DB) sirven para almacenar datos del programa.

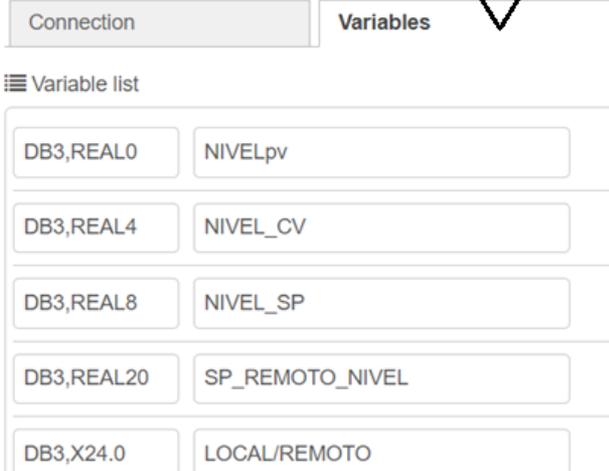
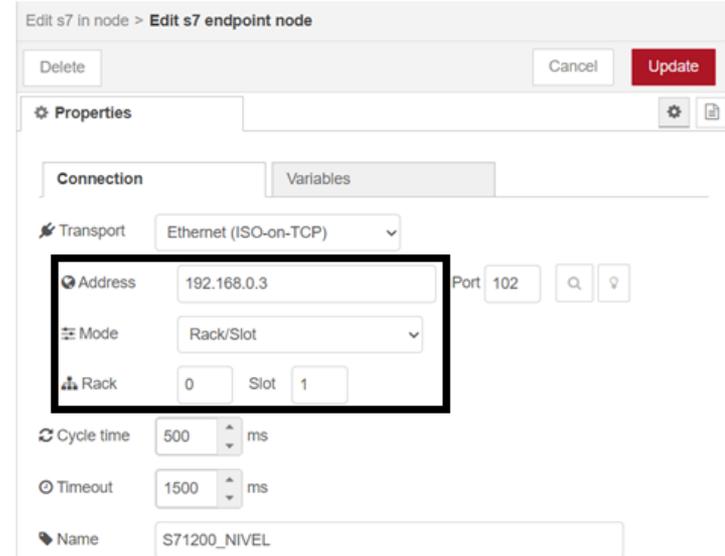
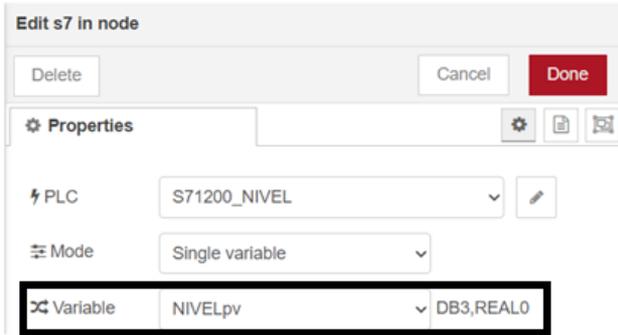
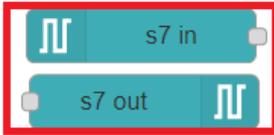
Aceptar Cancelar

Nombre	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...
ANTICIPATIVO_finish_BD	Static								
	1								
	2	NIVEL_PV	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	3	NIVEL_CV	Real	4.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	4	NIVEL_SP	Real	8.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	5	CAUDAL_PV	Real	12.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	6	CAUDAL_CV	Real	16.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	7	SP_REMOTO	Real	20.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	8	REMOTO	Bool	24.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	9	CAUDAL_SP	Real	26.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	





COMUNICACIÓN CON EL PLC S7-1200 Node-RED

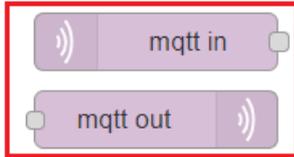


Nombre	Dirección Node	Equivalente S7	Tipo de datos
NIVEL_PV	DB3,REAL0	DB3.DBDO	Real
NIVEL_CV	DB3,REAL4	DB3.DBD4	Real
NIVEL_SP	DB3,REAL8	DB3.DBD8	Real
CAUDAL_PV	DB3,REAL12	DB3.DBD12	Real
CAUDAL_CV	DB3,REAL16	DB3.DBD16	Real
CAUDAL_SP	DB3,REAL20	DB3.DBD20	Real
SP_REMOTO	DB3,REAL26	DB3.DBD26	Real
REMOTO	DB3,X24.0	DB3.DBX24.0	Bool





COMUNICACIÓN POR PROTOCOLO MQTT CLIENTE PUBLICADOR Y CLIENTE SUSCRIPTOR



Edit mqtt in node

Delete **mqtt in** Cancel Done

Properties

Server demo.thingsboard.io:1883

Action Subscribe to single topic

Topic v1/devices/me/rpc/request/+

QoS 2

Output auto-detect (string or buffer)

Name Write_MQTT



Edit mqtt out node

Delete **mqtt out** Cancel Done

Properties

Server demo.thingsboard.io:1883

Topic v1/devices/me/telemetry

QoS

Retain

Name



Properties

Name

Connection Security Messages

Server demo.thingsboard.io Port 1883

Connect automatically

Use TLS

Protocol MQTT V3.1.1

Connection Security

Username J4cMQLOkBZftIJPaQpGX

Password





CONFIGURACIÓN DE LOS FLUJOS EN NODE-RED

Edit switch node 1 

Delete Cancel Done

Properties

Name

Property

== setValue → 1 x

== setValue1 → 2 x

Edit json node 

Delete Cancel Done

Properties

Action

Property

Name

Edit function node 1 

Delete

Properties

Name

Setup On Start On Message

```
1 var PV1 = msg.payload;
2 msg.payload = {"nIVEL_PV":PV1}
3 return msg;
```

Edit change node 1 

Delete Cancel Done

Properties

Name

Rules

Set to the value

Deep copy value





CONFIGURACIÓN DE LOS FLUJOS EN NODE-RED

Edit switch node 1

switch

Delete Cancel Done

Properties

Group [Control Remoto] Panel de control

Size auto

Label LOCAL/REMOTO

Tooltip optional tooltip

Icon Default

Pass through msg if payload matches valid state:

When clicked, send:

On Payload true

Off Payload false

Edit slider node 1

slider

Delete Cancel Done

Properties

Group [Control Remoto] Panel de control

Size auto

Label SP_SLIDER

Tooltip optional tooltip

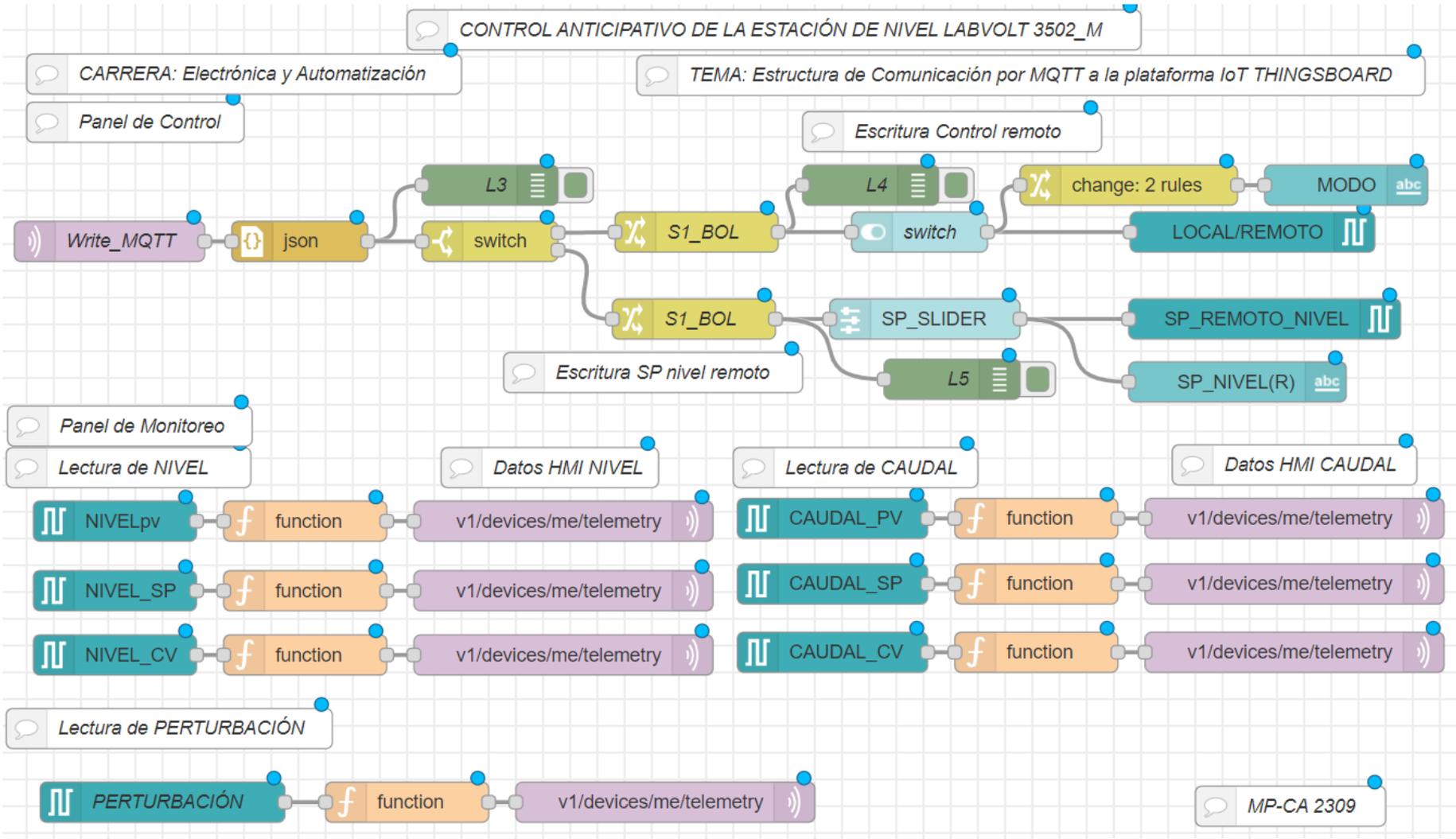
Range min 0 max 30 step 1

Output continuously while sliding





FLUJO DE COMUNICACIÓN IoT POR NODE RED





CREAR UN DISPOSITIVO EN THINGSBOARD

1

2

Agregar nuevo dispositivo

Importar dispositivo

Agregar nuevo dispositivo

1 Detalles del dispositivo

2 Credenciales Optional

3 Cliente Optional

Nombre*

Etiqueta

Seleccionar un perfil existente

Perfil de dispositivo* default

Crear un nuevo perfil de dispositivo

Es gateway

Descripción

Siguiente: Credenciales

Cancelar Agregar





LECTURA DE LAS VARIABLES EN THINGSBOARD

The screenshot shows the ThingsBoard interface. On the left is a navigation menu with options like 'Principal', 'Alarmas', 'Paneles', 'Entidades', 'Dispositivos', 'Activos', 'Vistas de entidad', 'Perfiles', 'Perfiles de dispositivo', 'Perfiles de activos', 'Clientes', 'Cadenas de Reglas', and 'Gestión de Edges'. The main area is titled 'Dispositivos' and contains a table of devices. A red box highlights the first row of the table, which is circled with a blue '1'. To the right, a modal window titled 'IOT Detalles del dispositivo' is open. It has tabs for 'Detalles', 'Atributos', 'Última telemetría', 'Alarmas', 'Eventos', and 'Relaciones'. The 'Última telemetría' tab is selected and circled with a blue '2'. A red arrow points from this tab to the 'Mostrar en Widget' button, which is circled with a blue '4'. Below the tabs, a table shows '1 telemetría seleccionadas'. The table has columns for 'Hora de última actualización', 'Clave', and 'Valor'. The row for '2023-08-17 18:17:56 CAUDAL_SP 1.2061853408813477' is highlighted with a red box and circled with a blue '3'.

Fecha de creación	Nombre	Perfil de dispositivo
2023-08-09 12:57:20	IOT	default
2023-08-09 12:42:00	Charging Port 2	Charging port
2023-08-09 12:42:00	Charging Port 1	Charging port
2023-08-09 12:42:00	Air Quality Sensor T1	Air Quality Sens
2023-08-09 12:42:00	Air Quality Sensor C1	Air Quality Sens
2023-08-09 12:42:00	Sensor C1	Temperature Se
2023-08-09 12:42:00	Sensor T1	Temperature Se
2023-08-09 12:41:54	Test Device C1	default

Hora de última actualización	Clave	Valor
2023-08-17 18:16:03	CAUDAL_CV	0
2023-08-17 18:17:56	CAUDAL_PV	0.5074147582054138
2023-08-17 18:17:56	CAUDAL_SP	1.2061853408813477
2023-08-10 16:27:44	Nivel	0.15463218092918396
2023-08-10 17:17:28	NIVEL	14.355020523071289

The screenshot shows the 'IOT Detalles del dispositivo' modal window with the 'Última telemetría' tab selected. A 'Paquete actual' dropdown menu is open, showing a list of widget types: 'Alarm widgets', 'Analogue gauges', 'Cards', 'Charts', 'Control widgets', and 'Date'. The 'Analogue gauges' option is highlighted with a red box and circled with a blue '1'. To the right of the dropdown, there is a red 'Agregar al Panel' button, which is circled with a blue '2'. Below the dropdown, a preview of an analogue gauge widget is visible, showing a needle and a digital display with the value '001'.





GRAFICAR LAS TAGS EN THINGSBOARD

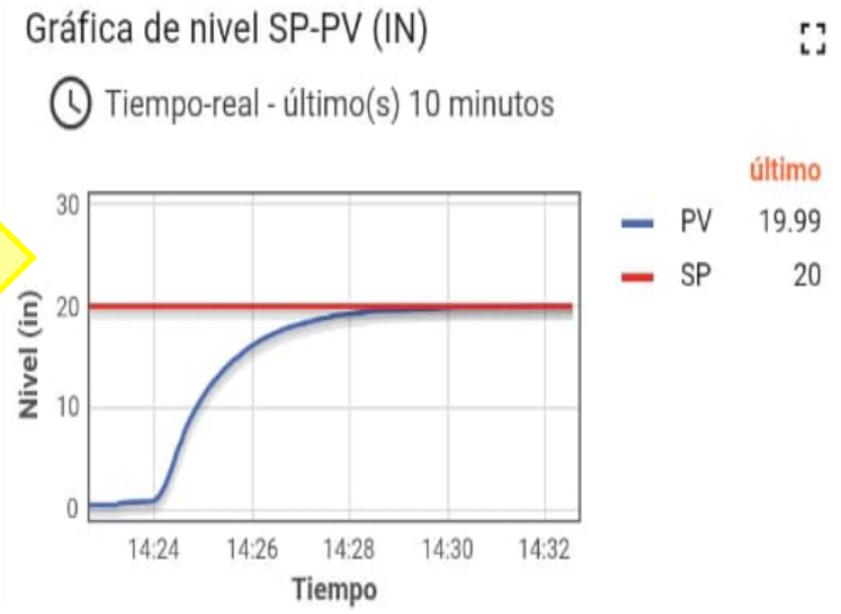
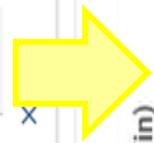
Gráfica de nivel SP-PV (IN)

Timeseries Line Chart

Datos Ajustes Avanzado Acciones

Set de datos

Tipo	Parámetros
1. Entidad	<p>Alias de entidad* IOT</p> <p>= ● PV: nIVEL_PV</p> <p>+Clave de series de tiempo</p>
2. Entidad	<p>Alias de entidad* IOT</p> <p>= ● SP: nIVEL_SP</p> <p>+Clave de series de tiempo</p>





INTRODUCCIÓN



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



INSTRUMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA



RESULTADOS EXPERIMENTALES



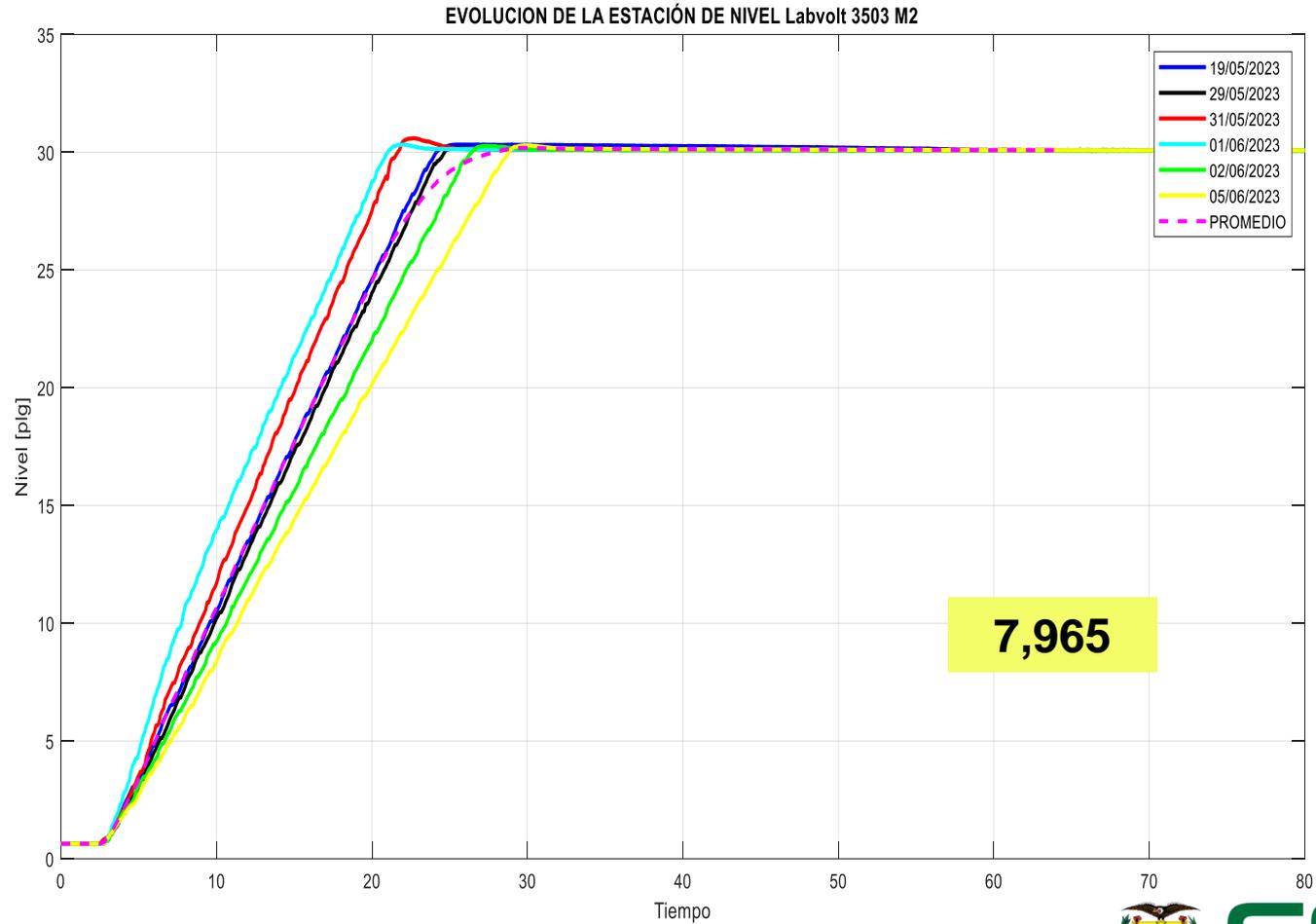
CONCLUSIONES

AGENDA





REPETIBILIDAD DE LA ESTACIÓN





CONTROL DE NIVEL EN EL TAMBOR DE UNA CALDERA ANTE EL CAMBIO DE CONSIGNA



CONTROLADOR PID



CONTROLADOR CASCADA

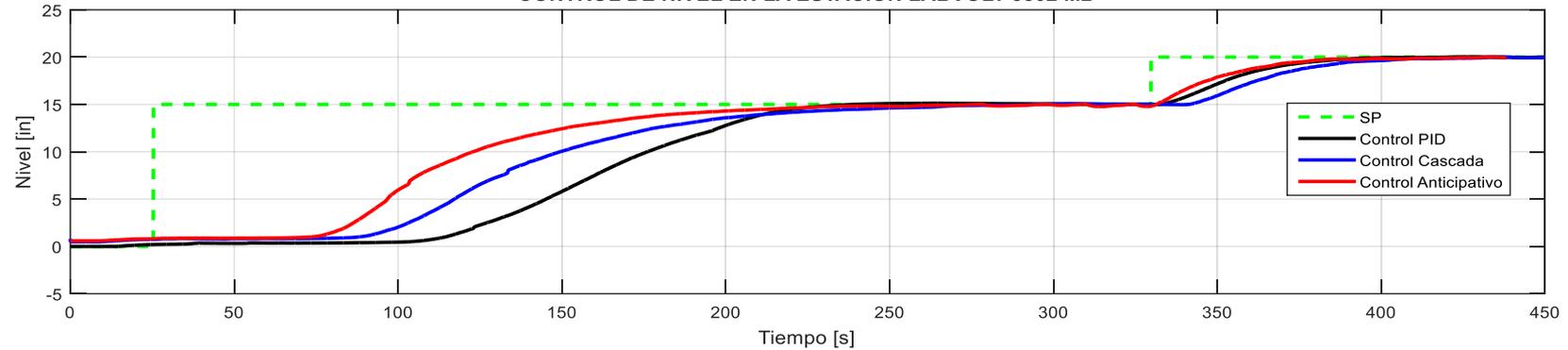


CONTROLADOR ANTICIPATIVO

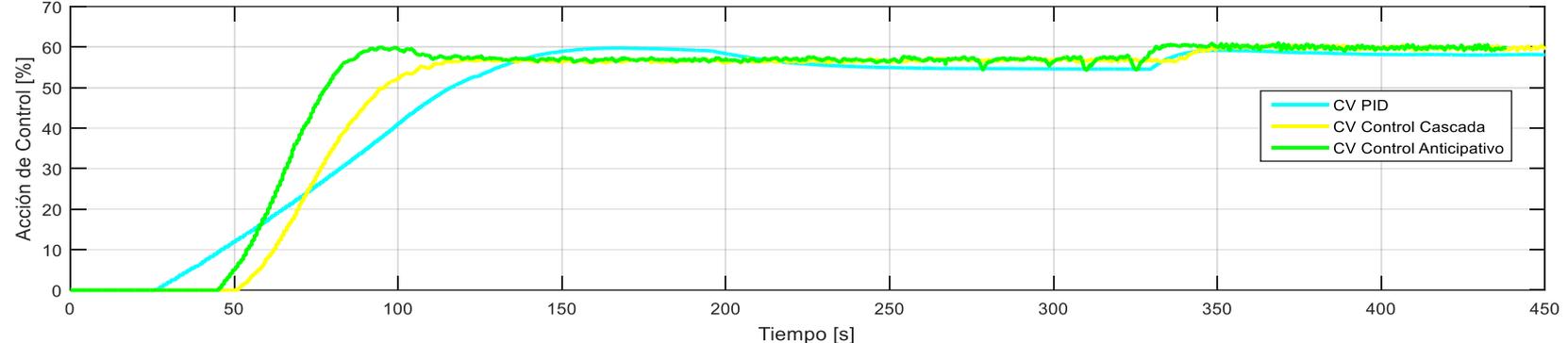




CONTROL DE NIVEL EN LA ESTACIÓN LABVOLT 3502 M2



ACCIÓN DE CONTROL DEL LAZO SECUNDARIO



	Tiempo de retardo (s)	Tiempo de Levantamiento (s)	Sobreimpulso (%)	Tiempo de establecimiento (s)
Control PID	135.1	87.8	0.86%	190.1
Control Cascada	106.3	102.7	0.4%	199.5
Control Anticipativo	81	90.6	0%	172.3





CONTROL DE NIVEL EN EL TAMBOR DE UNA CALDERA ANTE PERTURBACIONES



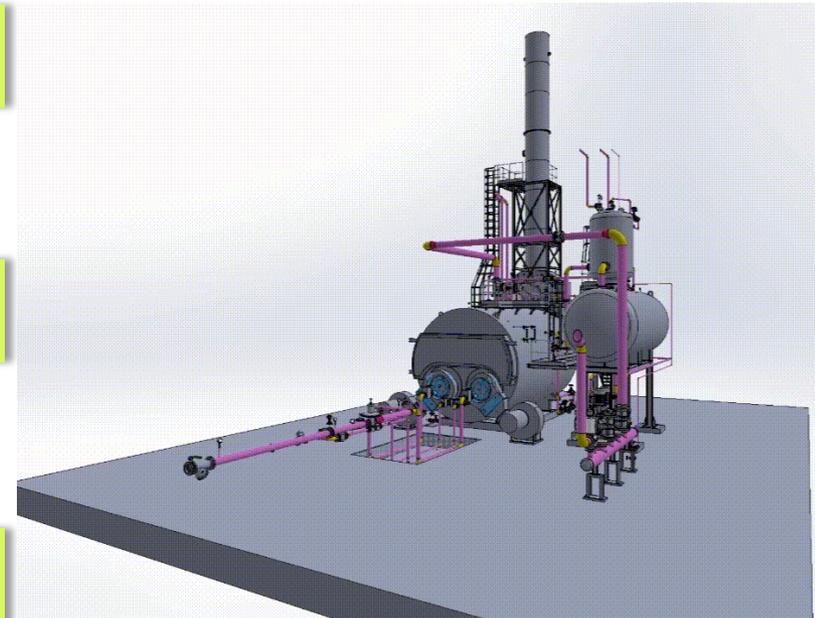
CONTROLADOR PID

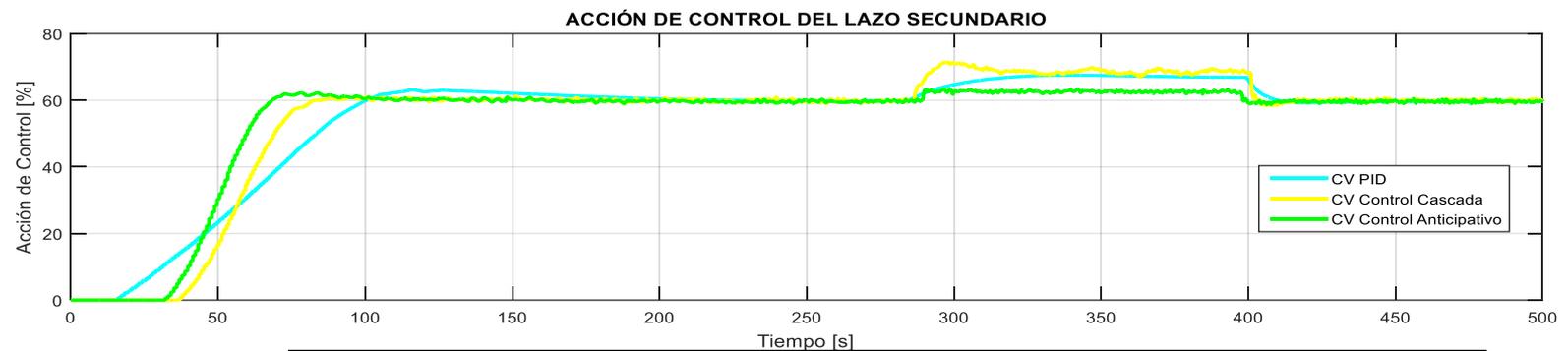
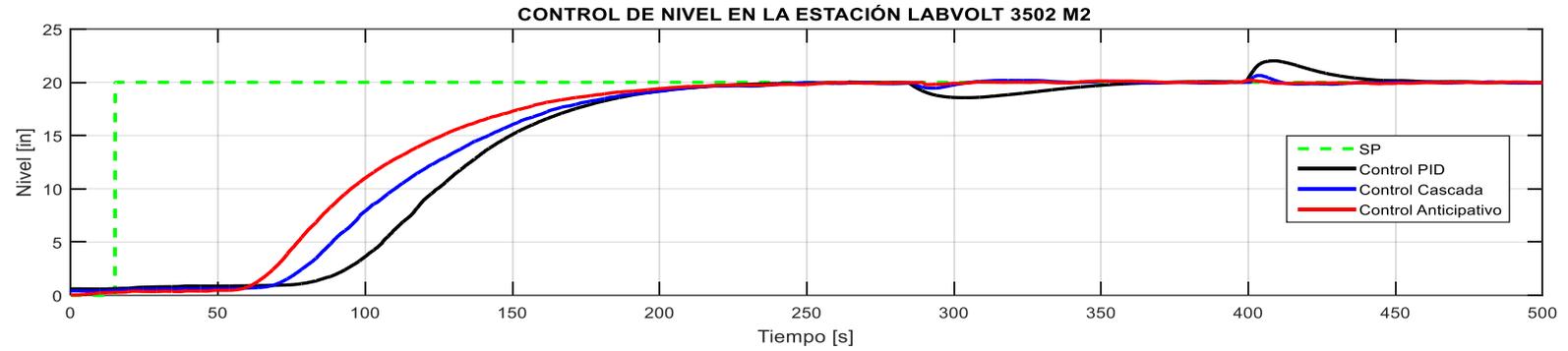


CONTROLADOR CASCADA



CONTROLADOR ANTICIPATIVO



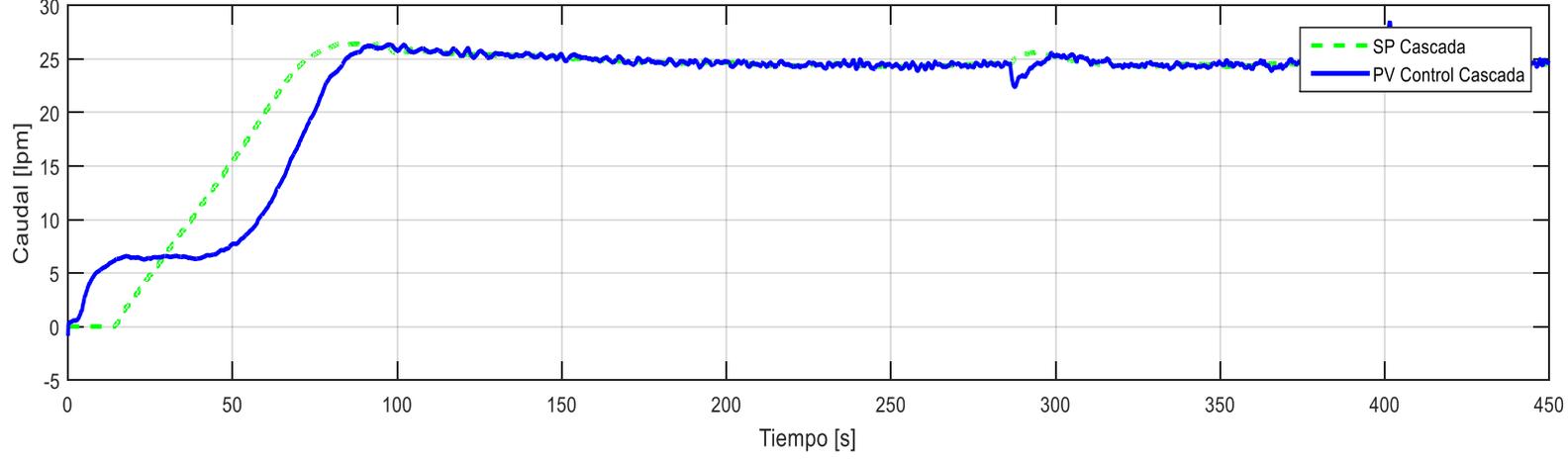


	Tiempo de retardo (s)	Tiempo de Levantamiento (s)	Sobreimpulso (%)	Tiempo de establecimiento (s)
Control PID	109.6	87.9	0 %	180.3
Control Cascada	95.3	96.2	0 %	179.4
Control Anticipativo	80.5	92.8	0 %	168.15

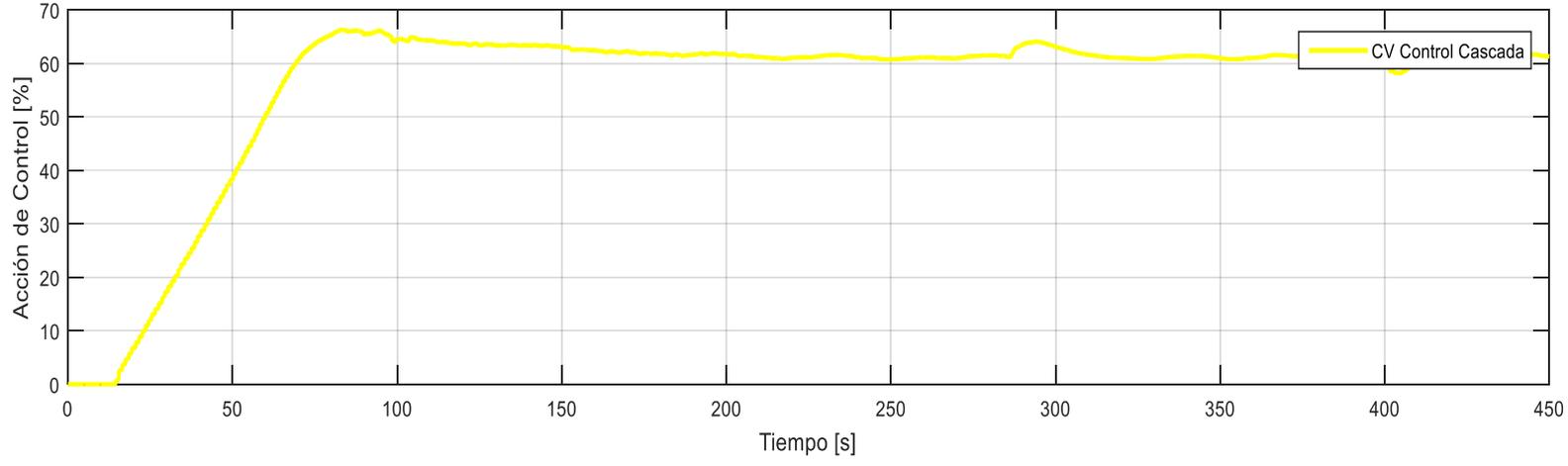




CONTROL EN CASCADA DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN LABVOLT 3502 M2

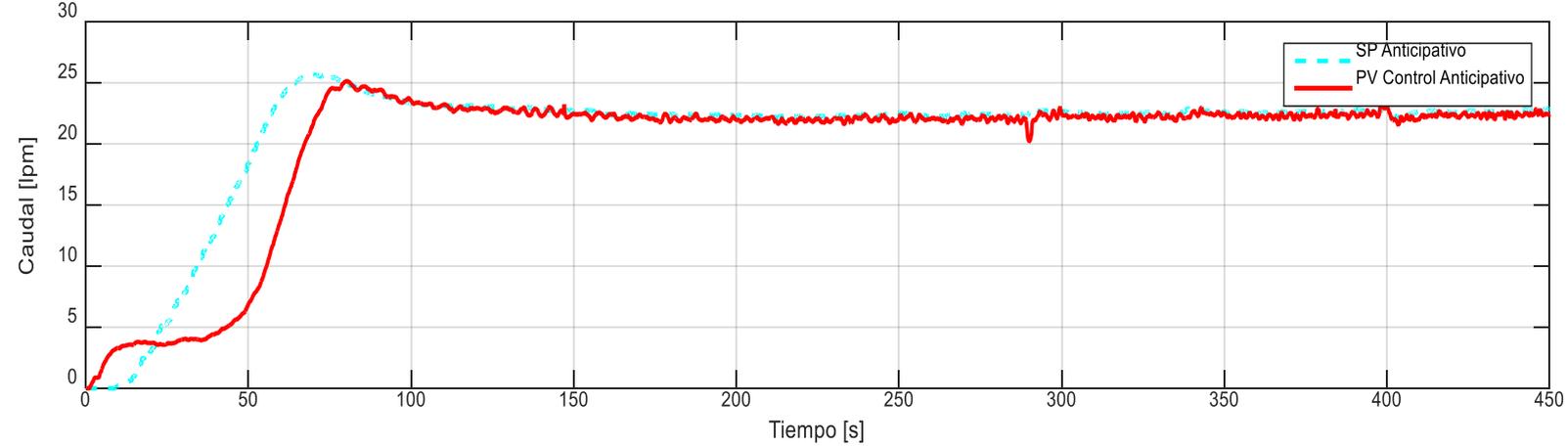


ACCIÓN DE CONTROL DEL LAZO PRIMARIO

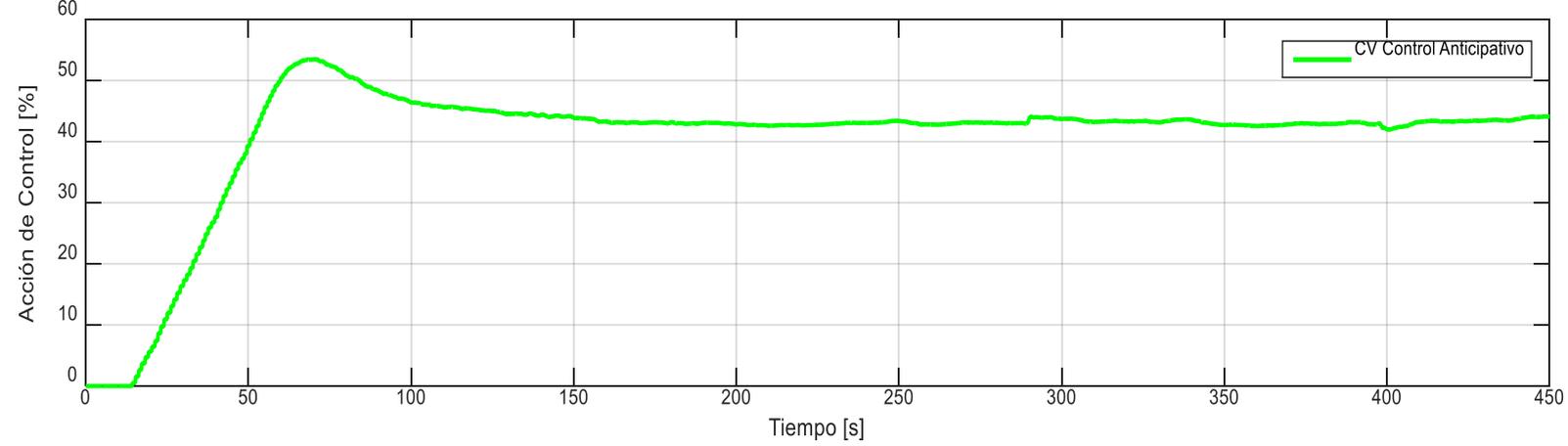




CONTROL ANTICIPATIVO DE CAUDAL EN LA ESTACIÓN LABVOLT 3502 M2



ACCIÓN DE CONTROL DEL LAZO PRIMARIO







Sede Latacunga

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



CARERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ANTICIPATIVO DE NIVEL LABVOLT 3503_M2 CON UN ENFOQUE IOT, EN ENTORNOS INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS

AUTORES:
MORALES PÉREZ, JENYFFER STEP
CORDONEZ ARIAS, JIMMY WILFRIDO

TUTOR:
Ing. PRUNA PANCHI, EDWIN PATRICIO

MP-CA 2309



Acceso Concedido
Bienvenido

OK

Ingrese el nombre de usuario:

Ingrese la contraseña:

INICIAR SESIÓN

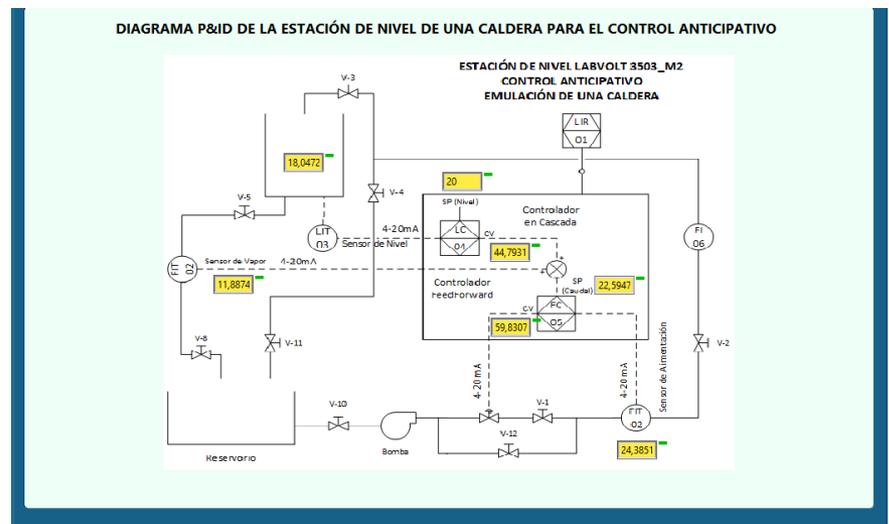
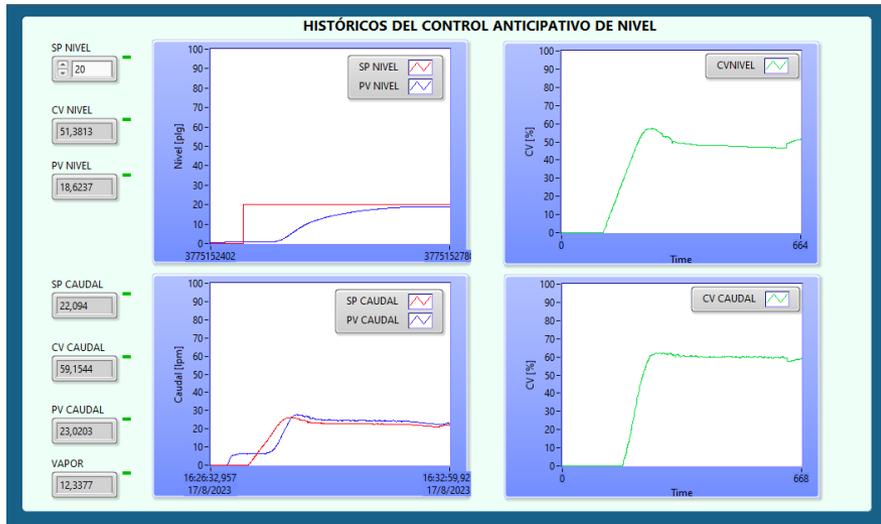
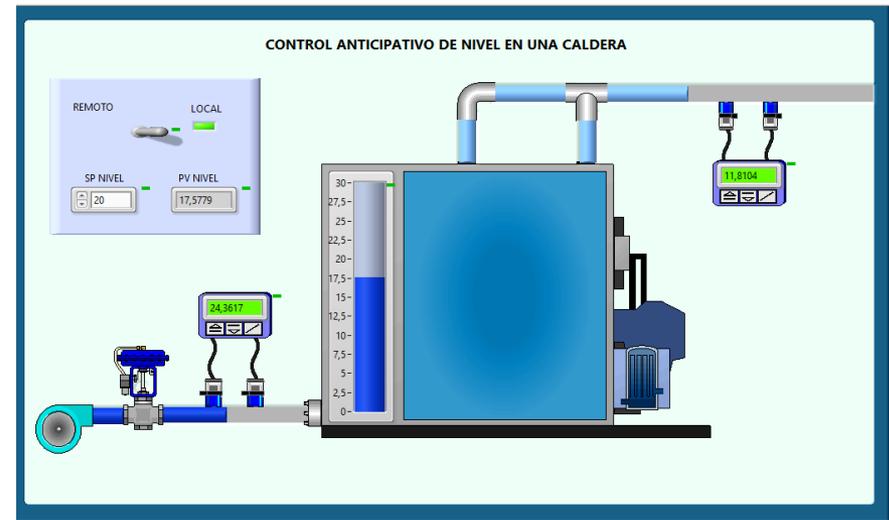
INICIO

EMULACIÓN DEL PROCESO

HISTÓRICOS

DIAGRAMA P&ID

STOP





Inicio



Sede Latacunga

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ANTICIPATIVO EN LA ESTACIÓN DE NIVEL LABVOLT 3503_M2 CON UN ENFOQUE IOT, EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS.

AUTORES:
MORALES PÉREZ, JENYFFER STEPHANY
CORDONEZ ARIAS, JIMMY WILFRIDO

TUTOR:
Ing. PRUNA PANCHI, EDWIN PATRICIO

MP-CA 2309



INICIAR SESIÓN

Powered by Thingsboard v.3.5.1

Control Remoto1

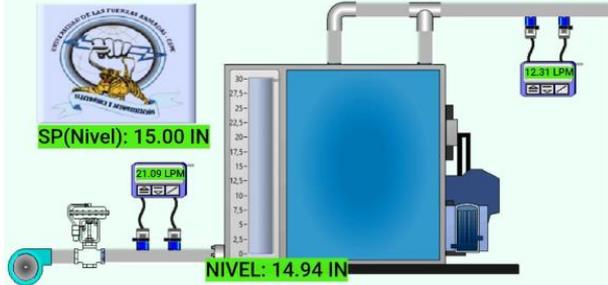
LOCAL / REMOTO

OFF

15.00

min SP_REMOTO max

CONTROL ANTICIPATIVO DE NIVEL EN UNA CALDERA



Powered by Thingsboard v.3.5.1

iot

Medidor de Nivel

19.99 30

Gráfica de nivel SP-PV (IN)

Tiempo-real - último(s) 10 minutos

Nivel (in)

Gráfica de nivel CV(%)

Tiempo-real - último(s) 10 minutos

CV(%)

CAUDAL (LPM)

22.53 43 LPM

Gráfica de caudal SP-PV (LPM)

Tiempo-real - último(s) 10 minutos

Caudal (LPM)

Gráfica de caudal CV (%)

Tiempo-real - último(s) 10 minutos

CV(%)

Powered by Thingsboard v.3.5.1

HMI

SP NIVEL 12.00 IN

NIVEL 12.02 IN

SP CAUDAL 19.60 LPM

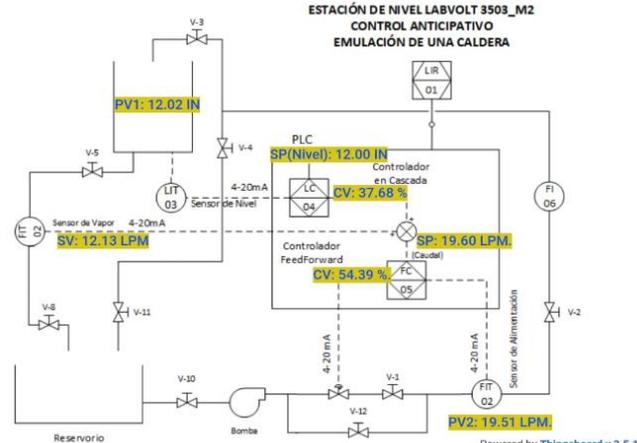
CAUDAL 19.51 LPM

Sensor Vapor 12.13 LPM

MP-CA 2023

P&ID DE NIVEL

ESTACIÓN DE NIVEL LABVOLT 3503_M2 CONTROL ANTICIPATIVO EMULACIÓN DE UNA CALDERA



Powered by Thingsboard v.3.5.1





INTRODUCCIÓN



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



INSTRUMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA



RESULTADOS EXPERIMENTALES



CONCLUSIONES

AGENDA



La estación de nivel Labvolt posterior a la realización del mantenimiento correctivo, posee una repetibilidad con una desviación estándar de 7.965, debido a los años de uso.

En la implementación de TUF2000M se colocó un sensor en la línea de alimentación 0 a 40 [lpm]; el otro está en la línea de descarga, 0 a 23 [lpm]; diámetro de 26.9 [mm], espesor del tubo de 3 [mm], PVC, agua, TS2 Clamp On y configuración V.

Se trata de un proceso tipo autorregulado (nivel y caudal), el modelo matemático considera una apertura de 8 lpm en V-12. El controlador anticipativo está constituido por control en cascada y feedforward con el 15% de la lectura de la perturbación.

El control anticipativo posee un tiempo de retardo de 81 seg, tiempo de levantamiento de 90.6 seg, tiempo de establecimiento de 172.3 seg y no presenta sobreimpulso.



El HMI se realizó en el software de Labview y posee un nivel de seguridad, históricos, interfaz y control remoto. La comunicación se efectúa en tiempo real mediante el protocolo de comunicación OPC Top Server 6.12.

Para cargar los datos de las variables de interés en el módulo SIMATIC IOT2040 se utilizó el Nodo S7 de Node red junto a una base de datos generada en el software TIA Portal V16 con los datos de SP, PV, CV y Perturbación del proceso de nivel y de caudal respectivamente.

El módulo SIMATIC IoT2040 está constituido por Node-Red como software intermediario para la comunicación entre el PLC S7-1200 con la plataforma IoT ThingsBoard utilizando protocolos de comunicación IIoT como MQTT.

La comunicación entre el PLC S7-1200 y ThingsBoard, se da por MQTT, debe existir un cliente publicador y un suscriptor:

- Telemetría, v1/devices/me/telemetry,
- RPC v1/devices/me/rpc/request/+

