



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

AUTOMATIZACIÓN DE INTALACIÓN DE CONTROL DE PROCESOS QUÍMICOS

Alumno: Alfonso Carlos Pérez Alameda

Tutor: Prof. D. Manuel Ortega Armenteros
Depto.: Ingeniería Eléctrica

Junio, 2018



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

AUTOMATIZACIÓN DE INTALACIÓN DE CONTROL DE PROCESOS QUÍMICOS

Estudiante:

Vº Bº Tutor:

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del estudiante, escrita sobre una línea horizontal.

TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN	2
2.	INTRODUCCIÓN.....	3
3.	OBJETIVOS	3
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	4
4.1	Requisitos previos	4
4.2	Hardware y software requeridos	4
4.3	Descripción de la instalación.....	4
4.4	Representación del valor analógico	7
4.5	Sensores analógicos.....	8
4.6	Diagrama de tuberías e instrumentación de la instalación	9
4.7	Sensores y actuadores de la instalación	12
4.8	Cableado	23
4.9	Determinación experimental de los parámetros de control PID	24
5.	CREACION PROGRAMA	27
6.	PROCESOS EXPERIMENTALES	37
6.1	Control automático de caudal	37
6.2	Control automático de presión.....	41
6.3	Control automático de nivel	44
6.4	Regulación automática de temperatura	47
6.5	Regulación de pH y conductividad	51
6.5.1	Regulación de pH	51
6.5.2	Regulación de conductividad	53
7.	CREACION SCADA	55
8.	CARGAR PROGRAM PLC.....	59
9.	CONCLUSIONES.....	62
10.	ANEXOS	63
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

1. RESUMEN

Este proyecto de fin de grado trata de aplicar algunos de los conocimientos adquiridos a lo largo del Grado en Ingeniería Eléctrica.

Debido a unas necesidades creadas en el departamento del Grado de Ingeniería Química, hemos automatizado una máquina para el control de procesos de la industria química, este software será útil para la escuela.

Se trata de una central de control de procesos a pequeña escala, con la cual podremos controlar varios procesos reales en la industria. Procesos tales como:

Regulación de caudal, presión, temperatura, medición de pH y conductividad en un líquido.

En nuestro caso vamos a implementar la programación de esta máquina para que consiga todo lo anteriormente descrito. Para ello hemos tenido que hacer un estudio del diseño de la instalación y esquemas de conexionado.

Disponemos de un PLC S7 314C-2 PN/DP con sus correspondientes tarjetas.

Primero hay que programar el proyecto en el software de Siemens, TIA portal V13, con el lenguaje KOP.

Seguidamente nos disponemos a la creación del SCADA que controlará y nos mostrará información sobre las acciones que estamos haciendo.

Para la utilización del programa utilizaremos el software WinCC RT, el cual nos mostrara el SCADA que hemos creado.

Por último, cargaremos en nuestro PLC todo lo creado anteriormente y nos dispondremos a realizar las pruebas, las cuales se podrán visualizar en nuestro SCADA y visualmente en nuestra máquina de control de procesos.

2. INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como principal objeto de estudio, el análisis del programa TIA Portal V13 y la programación para el funcionamiento de una máquina adquirida por la Escuela Politécnica de Linares. Con diferentes tipos de señales (digitales, analógicas). Con este trabajo aprenderemos a manipular y procesar, los diferentes tipos de señales, que nos podemos encontrar en procesos industriales reales.

Podremos observar como el programa creado funciona realmente, visualizándolo así en nuestra máquina.

3. OBJETIVO

El objetivo de nuestro trabajo será la automatización de una instalación de control de procesos químicos e iniciarnos en el mundo de la automatización industrial.

El cual servirá para que los alumnos de química aprendan como funciona una central a pequeña escala de control de procesos químicos y realicen varias pruebas y mediciones.

Para controlar el proceso se tendrá un autómata programable (PLC) que estará conectado a un ordenador para poder visualizar y controlar el funcionamiento de la máquina mediante un SCADA.

Mediante Ethernet estarán comunicados el autómata programable con el ordenador, ya que a nivel industrial es una de las comunicaciones más utilizadas en el sector.

Otro objetivo importante es la asimilación de conocimientos ya adquiridos durante el Grado en Ingeniería Eléctrica, a la vez que se aprenden nuevos conocimientos durante el desarrollo de este proyecto para la programación, automatización y control de procesos industriales.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Requisitos previos

Para poder utilizar TIA Portal V13, se deben de tener conocimientos sobre:

- Windows.
- Fundamentos de programación con PLC.
- Conocimiento de redes.
- Estar familiarizado con el entorno de trabajo de TIA Portal.

4.2. Hardware y software requeridos

- PC, con el sistema operativo Windows 7 o 10, preferiblemente Professional (32/64 bits).
- Software TIA Portal SIMATIC STEP 7 V13 o v14.
- Software WinCC.
- Equipo de PLC S7 314C-2 PN/DP compuesto por:
 - 24 entradas digitales 24V CC
 - 16 salidas digitales 24V CC
 - 4 entradas analógicas 0V a 10V
 - 2 salidas analógicas 0V a 10V
 - Tensión de alimentación: 24V CC

4.3 Descripción de la instalación

- Cableado: utilizaremos el cable para nuestro conexionado.
- Esquema de la instalación: Podemos observar en la Figura 4.3.1. Máquina, Figura 4.3.2. Tanques, Figura 4.3.3. Parte trasera, el esquema de la instalación con su correspondiente leyenda.



Figura 4.3.1. Máquina

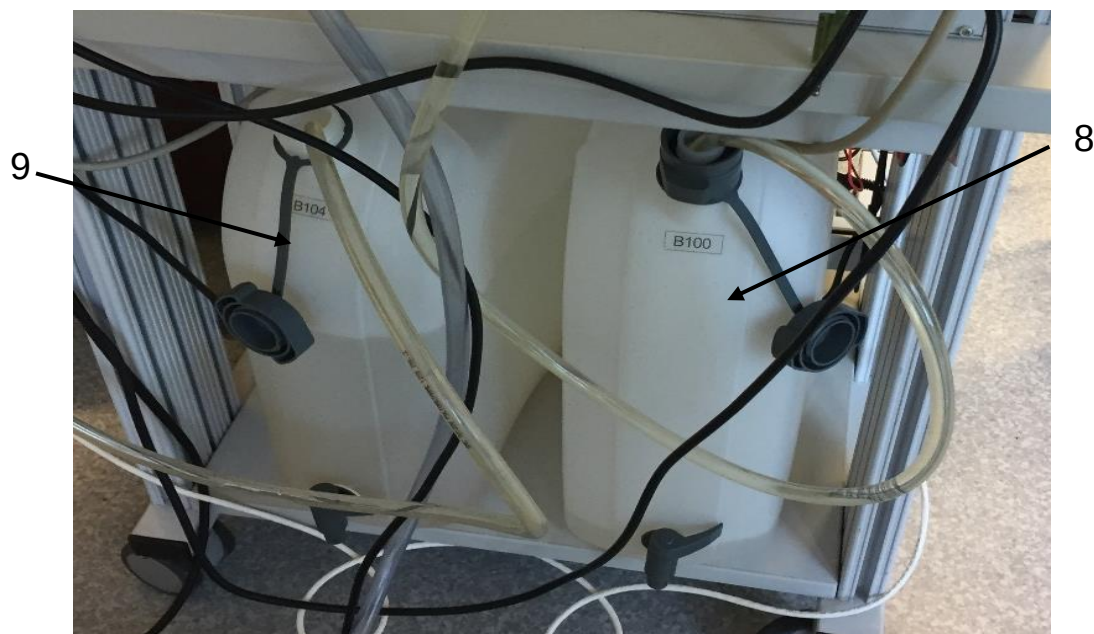


Figura 4.3.2. Tanques

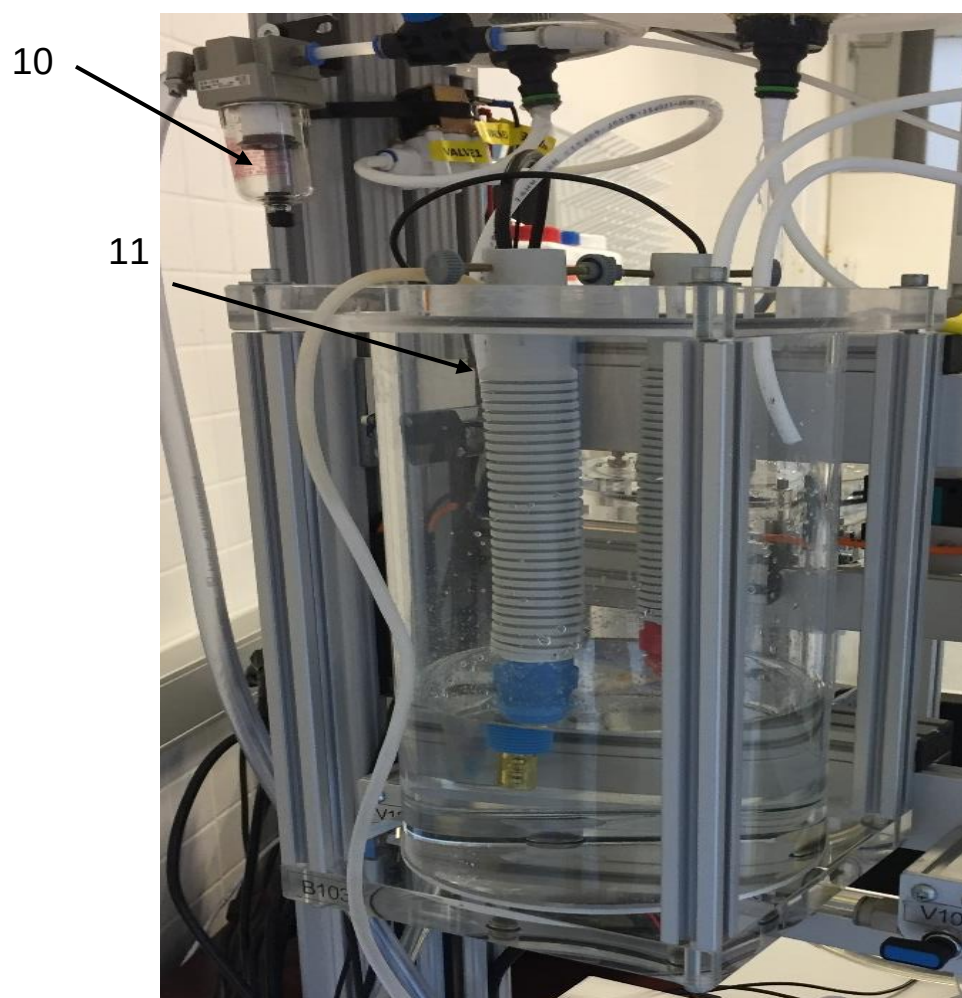


Figura 4.3.3. Parte trasera

Leyenda de los componentes principales:

- 1: Depósito B102
- 2: Depósito B101
- 3: Bomba P100
- 4: Rotámetro
- 5: Sensor de presión y válvula de seguridad
- 6: Pc
- 7: PLC S7 314C-2 PN/DP
- 8: B100 depósito para agua de reserva
- 9: B104 depósito para vaciado de depósitos
- 10: Entrada de aire a presión
- 11: B103 depósito para mezclas

4.4 Representación del valor analógico

Los valores de las entradas analógicas se representan al interior del PLC, como números enteros (valor integral) los cuales podemos ver en la Tabla 4.1. Valor integral:

	Tensión (v)	Valor integral
Rango Nominal	10	27649
	0	0
	-10	-27649

Tabla 4.4.1. Valor integral

Nuestra fuente de alimentación es de 12v, pero nunca cogemos este valor ya que debemos reservar para marcar la tensión de rebase y desbordamiento. Estos datos son siempre datos constantes que nos marca el proveedor (en este caso siemens).

+ - 10 V..... +- 27.648 Margen nominal
 10.0004 V y < 11,758927649 a 32511 Rebase
 > 11,758932767 Desbordamiento

Trabajaremos con un rango de tensión (nominal) de **0 V a 10 V**, es decir, el **valor** entero está en el rango de 0 a 27648.

4.5 Sensores analógicos

Los sensores analógicos sirven para medir valores no eléctricos (por ejemplo, niveles, temperaturas, caudales, presiones) y convertir los valores medidos en señales eléctricas. La Figura 4.5.1 Sensor analógico, muestra un esquema simple de sensores.

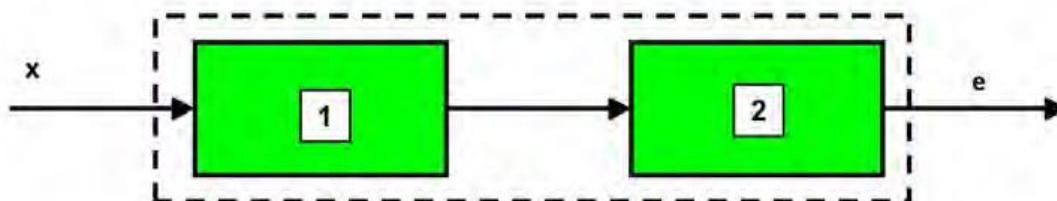


Figura 4.5.1 Sensor analógico

Leyenda:

x: variable física medida.

1: dispositivo de captación de valores de medición.

2: unidad electrónica de evaluación.

e: señal eléctrica normalizada.

eA= 0 V

eE= 10 V

Cada sensor tiene un rango de medición que oscila entre x_A y x_E (por ejemplo, de 0°C a 100°C). Esto tiene siempre la siguiente correspondencia con el rango de la señal normalizada:

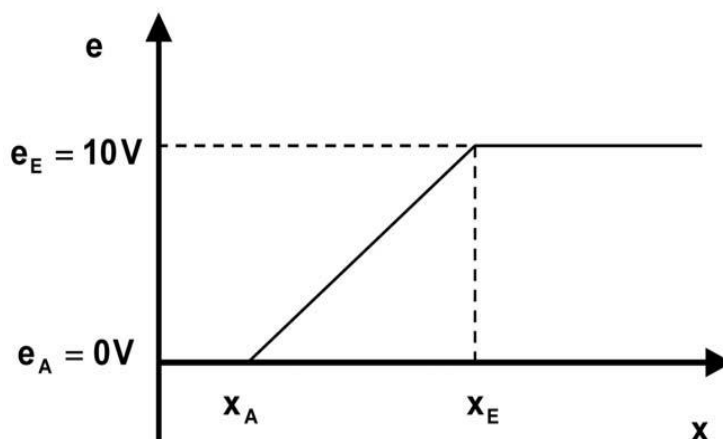
$$x = x_A + (x_E - x_A) (e - e_A) / (e_E - e_A)$$

o del mismo modo,

$$e = e_A + (e_E - e_A) (x - x_A) / (x_E - x_A)$$

Podemos emplear sensores de distintos fabricantes siempre y cuando estos operen en el mismo rango de medida y con la misma señal normalizada.

En la Gráfica 4.5.1. Rango, podemos observar la relación en el rango de 0 V a 10 V que vamos a emplear.



Gráfica 4.5.1. Rango

Las sondas que usaremos poseen los siguientes rangos de medida, que se pueden ver en la Tabla 4.5.2. Rango sensores:

Sensor	Rango de medida
Presión	$x_A = 0$ mbares $x_E = 1000$ mbares
Caudal	$x_A = 0$ dl/m $x_E = 60$ dl/m
Temperatura	$x_A = 0$ °C $x_E = 100$ °C

Tabla 4.5.2. Rango sensores

4.6 Diagrama de tuberías e instrumentación de la instalación

Haremos uso de un diagrama DTI (diagrama de tuberías e instrumentación). Este diagrama nos servirá para representar la estructura de la instalación.

Las válvulas de la instalación deben de posicionarse según el experimento que vayamos a realizar. Su posición será descrita en cada experimento. Podemos ver en la Figura 4.6.1 Diagrama tuberías, el esquema de la instalación, y en la Tabla 4.6.1 y Tabla 4.6.2, su respectiva leyenda.

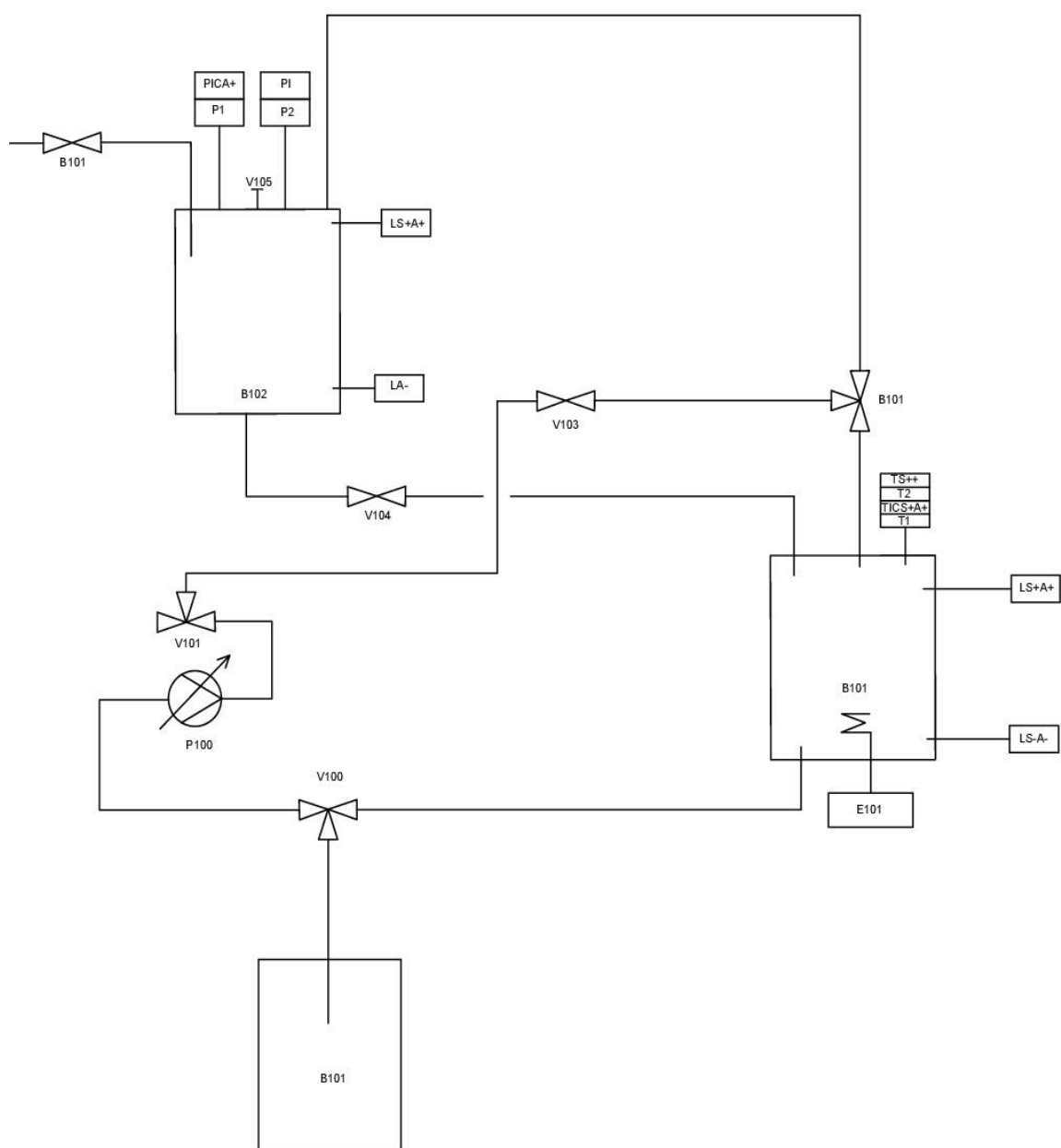


Figura 4.6.1. Diagrama tuberías

Leyenda:

COMPONENTE	FUNCION	SIGNIFICADO
F1	FI	Indicador local de caudal mediante rotámetro
	LS+A+	Sensor binario de nivel superior situado en B102. Desconecta la bomba P100 mediante hardware si se llega al nivel máximo.
	LA-	Sensor binario de nivel inferior en B102.
	1.LS+A+	Sensor binario de nivel superior situado en B101. Desconecta la bomba P100 mediante hardware si se llega al nivel máximo.
	LS-A-	Sensor binario central de nivel situado en B101. Desconecta el calentador E101 mediante hardware con un nivel medio de llenado.
P2	PI	Indicador local de presión.
T1	TICS+A+	Control automático de temperatura del fluido en el depósito B101. El actuador es el calentador eléctrico E101.
T2	TS++	Con una temperatura mayor que 60 °C se desconecta el calentador E101 mediante hardware.

Tabla 4.6.1 Leyenda

COMPONENTE	DESCRIPCION
E101	Calentador eléctrico, conectado o desconectado para el control de temperatura.
V100	Válvula de 3 vías; llenado de B101 y B102; recirculación a través de B101 o B102; vaciado de B101 o B102
V101	Válvula de tres vías para la extracción de la siguiente estación
V102	3 válvulas manuales de tres vías para conexión hidráulica de B102 o B101
V103	Válvula de mariposa manual en el rotámetro
V104	Válvula de mariposa manual para evacuación de 102
V105	Válvula de presión de seguridad en B102. Se abre con 1 bar de sobrepresión.
V106	Válvula de presión de seguridad en B102. Se abre con 1 bar de sobrepresión

Tabla 4.6.2 Leyenda

4.7 Sensores y actuadores de la instalación

- **Sensor de caudal**

Este componente sirve para medir el caudal. Se compone de un molinete que gira por la velocidad del flujo que se encuentra en circulación. La frecuencia de rotación se convierte en una señal eléctrica normalizada en un rango 0 V a 10 V. El rango de medición oscila entre 0 y 60 decilitros por minuto.

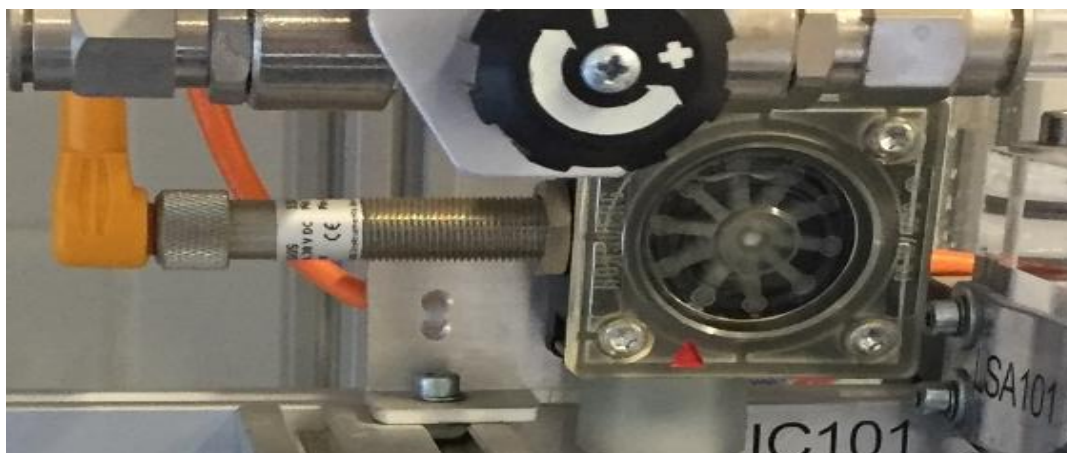


Figura 4.7.1 Sensor de caudal

- **Rotámetro**

Este componente también sirve para medir el caudal. El dispositivo permite un registro in situ de la magnitud buscada. Este sensor también se puede cerrar mediante una llave. El rango de medición es de 0 a 3 litros por minuto.



Figura 4.7.2 Rotámetro

- **Sensor ultrasónico de nivel.**

El sensor de ultrasonido sirve para la medición del nivel y es necesario para la regulación automática. El principio de funcionamiento parte de la emisión de ondas ultrasónicas que se reflejan en la superficie del agua. El sensor mide el tiempo de propagación, es decir, el tiempo que tarda la onda reflejada en volver al sensor. Esta duración es proporcional a la distancia a la que se encuentra la superficie objeto del control y, por tanto, es un indicador del nivel existente. El sensor ofrece un rango de medición de hasta 250 mm, valor al que corresponde un voltaje de 10 V. El sensor de ultrasonido se debe calibrar antes de proceder a la realización de pruebas.



Figura 4.7.3 Sensor ultrasónico de nivel

- **Sensor de presión**

Este sensor mide la sobrepresión con respecto a la atmósfera. La magnitud medida es necesaria para el control automático de B102. El sensor suministra una señal normalizada en un rango de 0 V a 10 V. El rango de medición es de 0 a 1 bar.



Figura 4.7.4 Sensor de presión

- **Manómetro**

Este componente también mide la sobrepresión con respecto a la atmósfera. Sirve para mostrar esta magnitud in situ. Tiene un rango de medida que oscila entre 1 bar y 1,5 bares.



Figura 4.7.5 Manómetro

- **Sensor capacitivo de nivel**

Este componente capacitivo es un sensor binario. Se monta en la parte externa del depósito y detecta sin necesidad de contactos si hay o no fluido en esa posición del depósito.



Figura 4.7.6 Sensor capacitivo de nivel

- **Sensor de temperatura y dispositivo de evaluación**

El sensor de temperatura es un termómetro resistivo. Para el rango de temperaturas que se encuentra entre 0 y 100 °C, este dispositivo genera la señal normalizada correspondiente de 0 V a 10 V. Además, también la envía a un contacto que se desconecta a temperaturas de 60°C. Esto se utiliza para la desconexión del circuito de seguridad del calentador.



Figura 4.7.7 Sensor de temperatura

- **Bomba**

Este componente es una bomba de presión de doble membrana y auto absorción. El dispositivo está protegido contra funcionamiento en seco y contiene un interruptor de

presión de 1,2 bares. El ajuste de revoluciones de la bomba se realiza mediante una señal de 0 V a 10 V proporcionada por la unidad de control. Este control genera la señal adecuada (modulada por ancho de pulsos) para el accionamiento del motor.

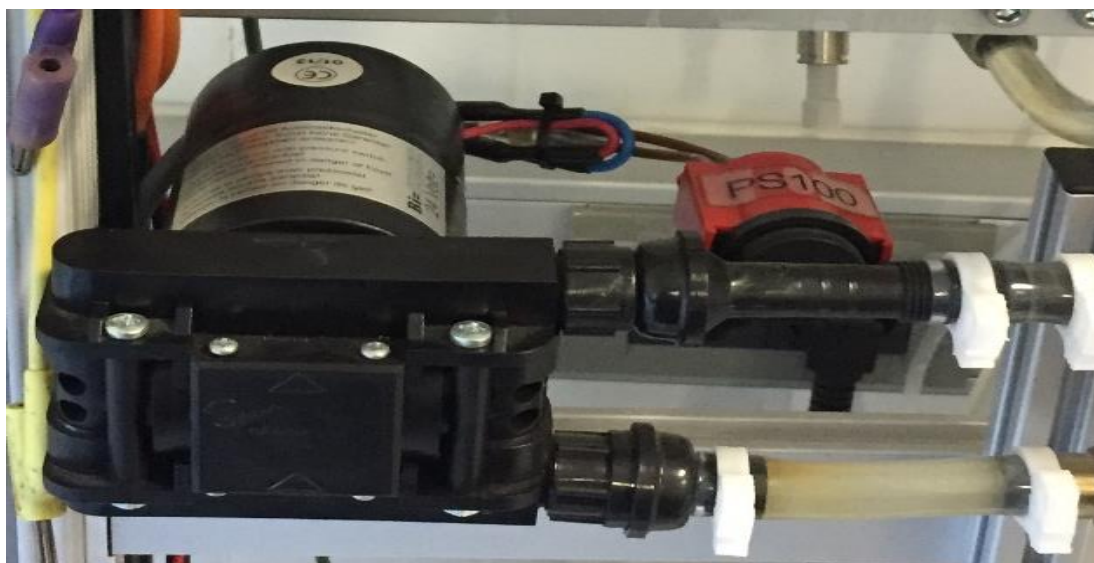


Figura 4.7.8 Bomba

- **Calentador**

El calentador tiene una potencia de 1000 W y funciona con una alimentación de 230 V de corriente alterna.



Figura 4.7.9 Calentador

- **Válvulas manuales de tres vías**

Sirven para controlar manualmente las vías de circulación del fluido mediante la manecilla azul que se observa en la figura. En cada uno de los ensayos se indicará su posición correcta.



Figura 4.7.10 Válvula manual de tres vías

- **Válvula de seguridad**

Sirve para la despresurización del depósito B102. Se acciona con una sobre-presión de 1 bar y alivia la presión de B102.



Figura 4.7.11 Válvula de seguridad

- Transductor pH y conductividad

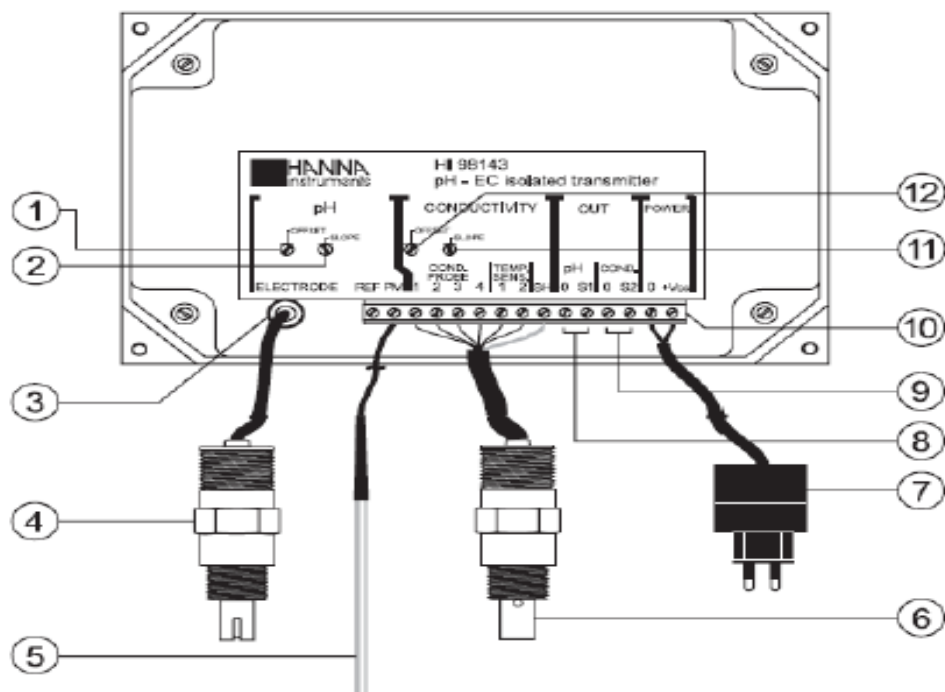


Figura 4.7.12 Transductor pH y conductividad

1. Potenciómetro de Calibración Punto Cero pH
2. Potenciómetro de Calibración Pendiente pH
3. Conector BNC para electrodo de pH
4. Electrodo de pH (no incluido)
5. Toma de Referencia (no incluido)
6. Sonda CE (no incluido)
7. Adaptador de corriente 12÷24 VCC (no incluido)
8. Terminales salida pH
9. Terminales Salida CE
10. Terminales Suministro energía
11. Potenciómetro de Calibración Pendiente CE
12. Potenciómetro de Calibración Punto Cero CE

ESPECIFICACIONES

Rango pH 0 - 14

CE 0 - 10 ms/cm

Salida Activa pH 4÷20 mA (aislada)

CE 4÷20 mA (aislada)

Compensación Temp. Automática de 0 a 60°C

Calibración Manual con dos potenciómetros

CONEXIONADO

CONEXION ELECTRODO DE pH

Conectar el electrodo de pH al conector BNC y la Toma de Referencia al terminal de Toma de Referencia.

CONEXION Sonda CE

Los hilos de la sonda están clasificados por códigos de color para facilitar la instalación. Seguir la tabla que facilitamos a continuación.

Terminal # Color Cable Sonda

Sonda Cond.1 verde

Sonda Cond. 2 blanco

Sonda Cond. 3 rojo

Sonda Cond. 4 azul

Sensor Temp. 1 marrón

Sensor Temp. 2 gris

SH amarillo-verde

CONEXION ALIMENTACIÓN

Conecte un cable de 2 hilos a la fuente de energía de 12÷24 VCC prestando atención a su polaridad.

CONEXION SALIDA

Conectar los terminales de salida de pH al receptor de pH con un cable de 2 hilos, y los terminales de salida de CE al receptor de CE con un segundo cable de 2 hilos.

En estos contactos la corriente varía proporcionalmente a los valores pH y CE medidos entre 4 y 20 mA.

- **Sonda de pH**

Se trata de un electrodo de pH. Con el fin de reducir la contaminación normal, procedente del uso industrial estos electrodos combinan una tecnología de referencia de polímero y de doble unión. Con esta tecnología, no es necesario volver a llenar el electrodo, puede ser utilizado en las muestras tales como compuestos orgánicos, proteínas y metales pesados.

Estas sondas industriales tienen un electrodo con cuerpo de vidrio para su uso en productos químicos agresivos y son fáciles de limpiar. Los límites de funcionamiento son de 5 a 80°C.



Figura 4.7.13 Sonda de Ph

- **Sonda de conductividad**

Esta sonda mide la conductividad con sensores de platino. Puede aguantar temperaturas hasta de 80°C.

El sensor de conductividad tiene como límite máximo de medida 10MS, con lo que se debe tener en cuenta este valor a la hora de preparar la disolución que se use en el depósito, de forma que una vez pase al depósito de mezcla, podamos estar en ese valor máximo de conductividad.



Figura 4.7.14 Sonda de conductividad

- **Depósito de base**

El depósito se encuentra en posición central. Su llenado se realiza por la parte superior utilizando el embudo suministrado.

Usaremos bases con pH comprendido entre 7 y 10



Figura 4.7.15 Depósito de base

- **Depósito de ácido**

El depósito se encuentra en posición derecha. Su llenado se realiza por la parte superior utilizando el embudo suministrado.

Usar bases con pH comprendido entre 4 y 7

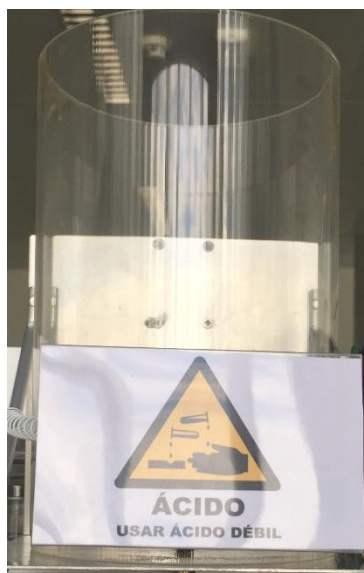


Figura 4.7.16 Depósito de ácido

- **Depósito salino**

El depósito se encuentra en posición izquierda. Su llenado se realiza por la parte superior utilizando el embudo suministrado.



Figura 4.7.17 Depósito salino

- **Agitador por aireación**

Los productos que provienen de los tres depósitos superiores caen por goteo en el depósito de mezcla. Su difusión de forma natural es lenta y hace que los medidores reaccionen de forma lenta.

En el caso de que se desee acelerar el proceso disponemos de un aireador que agita el contenido del depósito por burbujeo. Su activación se lleva a cabo mediante el pulsador lateral situado en el equipo. Una breve activación produce importantes cambios en la variable medida.



Figura 4.7.18 Agitador por aireación

4.8 Cableado

Podemos utilizar varios tipos de conexión entre el Pc y el PLC. Hemos optado por utilizar una conexión tipo PROFINET, ya que nos permite el intercambio de datos más rápidamente, mayor flexibilidad, estabilidad y eficiencia.

Esta red se basa en un sistema de ethernet. Utilizaremos un cable UTP tipo cruzado como se muestra en la figura 4.8.1 Cable tipo cruzado:

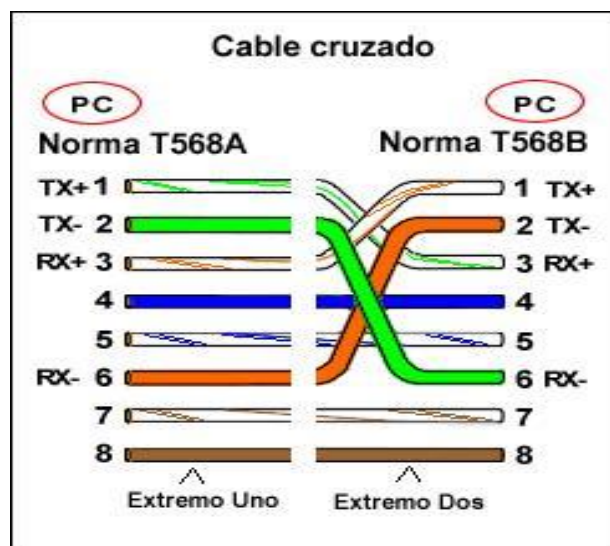


Figura 4.8.1 Cable tipo cruzado

Las conexiones se muestran en la siguiente figura 4.8.2 Conexión Profinet:



Figura 4.8.2 Conexión Profinet

Configuración de las IP:

IP Pc: 192.168.0.10

IP PLC: 192.168.0.1

En apartado Planos encontraremos las conexiones eléctricas.

4.9 Determinación experimental de los parámetros de control PID

Este apartado muestra una posibilidad de cálculo de parámetros de regulación experimentales para controladores PI o PID. Nos limitaremos a sistemas no oscilatorios con autorregulación, es decir, dada una variable de control (y), tras un tiempo determinado, la variable controlada (x) tiende a adoptar un valor constante sin que se presenten oscilaciones. La siguiente figura muestra un ejemplo de esto. La mayoría de los sistemas controlados empleados en la ingeniería de procesos son de esta naturaleza.

Para la determinación experimental de los parámetros de control PID se emplean determinados criterios de parametrización. Para la determinación de los parámetros de control seguiremos los siguientes pasos:

Paso 1: Medición y evaluación de la respuesta a un escalón del sistema controlado.

Paso 2: Conversión de la variable controlada Δx_e en tantos por ciento.

Paso 3: Introducción de los datos de evaluación en un formulario EXCEL para el cálculo automático de los parámetros de control.

Paso 1: Medición y evaluación de la respuesta a un escalón del sistema controlado

En la figura 4.9.1, se muestra el diagrama del procedimiento principal.

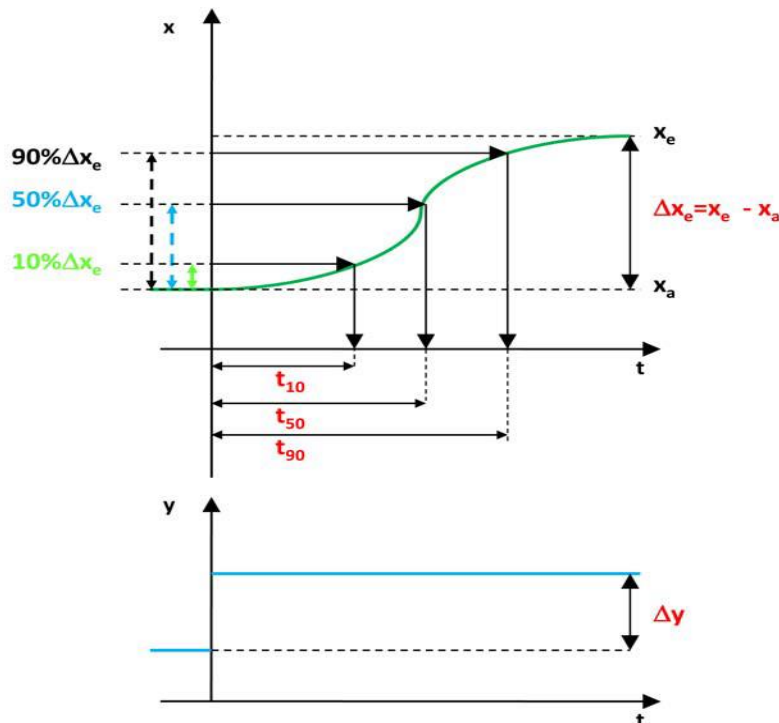


Figura 4.9.1 Diagrama PID

La medición de lo que se conoce como respuesta a un escalón del sistema controlado se efectúa hasta que la variable controlada x vuelva a adoptar

aproximadamente un valor cercano a una constante x_e . Después se han de calcular las siguientes variables, mostradas en rojo en la Figura 4.9.1, por medio de la evaluación de la curva obtenida:

Δy : valor claramente establecido pues obedece a la manipulación.

$\Delta x_e = x_e - x_a$: variación total de la respuesta al escalón.

t_{10} : intervalo de tiempo necesario para que $x - x_a$ llegue al 10% de Δx_e .

t_{50} : intervalo de tiempo necesario para que $x - x_a$ llegue al 50% de Δx_e .

t_{90} : intervalo de tiempo necesario para que $x - x_a$ llegue al 90% de Δx_e .

Para la obtención de estos parámetros hemos recurrido al fabricante de la máquina que ha sido el encargado de proporcionarlos.

En la Figura 4.9.2 se muestra la tangente de inflexión. A partir de la trayectoria de la tangente de respuesta al escalón se puede obtener la constante de tiempo equivalente T_g y el tiempo muerto equivalente T_u . Partiendo de estos valores, y por medio de los criterios de parametrización, se calculan entonces los parámetros de control. En el caso del panel del ordenador aquí empleado (y también en el de otros usados en centros de mando) no es sencillo trazar una tangente de inflexión en las curvas registradas.

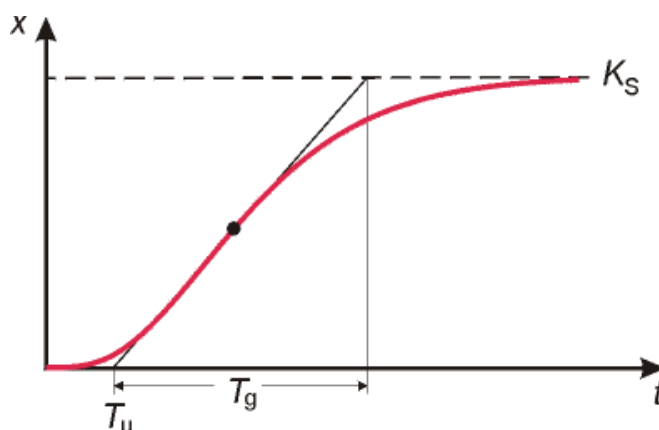


Figura 4.9.2 Tangente inflexión

Paso 2: Conversión de la variable controlada Δx_e en tantos por ciento.

El objetivo radica en calcular los parámetros de control con los datos de evaluación precedentes. El bloque de control FB41 emplea internamente solo los valores porcentuales de la variable x . No obstante, en la curva anterior, la variable controlada x se representa en unidades físicas (por ejemplo, en $^{\circ}\text{C}$). En consecuencia, el interesante valor de Δx_e , también se expresa en unidades físicas. Dado que el algoritmo de regulación sólo procesa valores porcentuales, también es necesario convertir la variable Δx_e en un tanto por ciento $\Delta x_e\%$; es decir, el valor debe relacionarse porcentualmente con el rango de medición. Esto se consigue de la siguiente manera:

$$\Delta x_e\% = \Delta x_e \cdot 100 / (x_E - x_A)$$

donde:

Δx_e : variación de la respuesta al escalón en unidades físicas.

$\Delta x_e\%$: variación porcentual de la respuesta al escalón.

x_E : final del rango de medición.

x_A : inicio del rango de medición.

Paso 3: Introducción de los datos de evaluación

Todas nuestras **constantes** para el control PID han sido previamente calculadas por el fabricante de la máquina, el cual nos ha facilitado todos los datos necesarios para que los procesos sean lo más eficientes posibles.

5. CREACIÓN PROGRAMA

En cuanto a la programación, hemos utilizado un programa modular el cual nos permite llamar bloques de funciones que ejecutan determinadas tareas.

Para la realización de la programación de nuestro PLC vamos a utilizar el programa TIA Portal V13.

En primer lugar, tenemos que reconocer nuestros sensores y actuadores y el conexionado de estos con el PLC. Una vez localizados estos, procederemos a estudiar el diseño de la instalación. Para saber que vamos a programar, necesitamos saber que parámetros de la máquina queremos controlar y que queremos que nuestra máquina haga. Realizado este estudio, crearemos una tabla de variables en el programa. Estas variables son las que nos van a permitir controlar el programa.

A continuación, vamos a numerar los pasos necesarios para crear un proyecto y además lo ilustraremos por medio de imágenes.

Abrimos con doble clic TIA Portal V13 y creamos un nuevo proyecto:

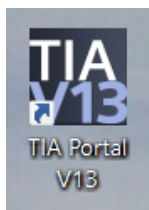


Figura 5.1 Icono programa

Una vez dentro, creamos nuestro nuevo proyecto siguiendo las indicaciones de las siguientes figuras:

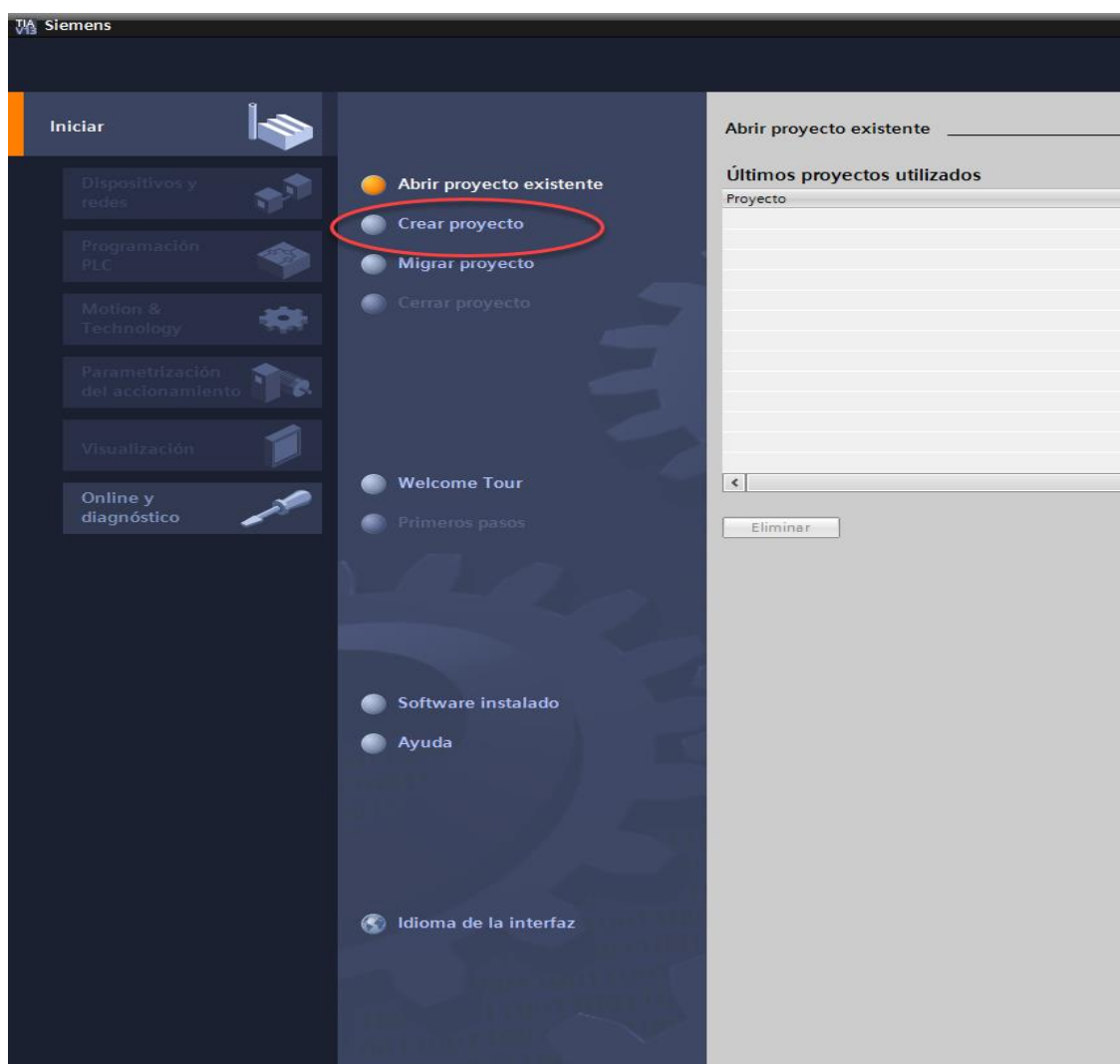


Figura 5.2. Crear proyecto

Introducimos el nombre del proyecto, seleccionamos ruta de acceso y pulsamos crear. Pulsamos crear.

Crear proyecto

Nombre proyecto: TFG_ALFONSO

Ruta: C:\Users\Alfonso Carlos\Documents\Automation

Autor: Alfonso Carlos

Comentario

Figura 5.3. Nombre proyecto

A continuación, pasamos a <<vista de proyecto>>.

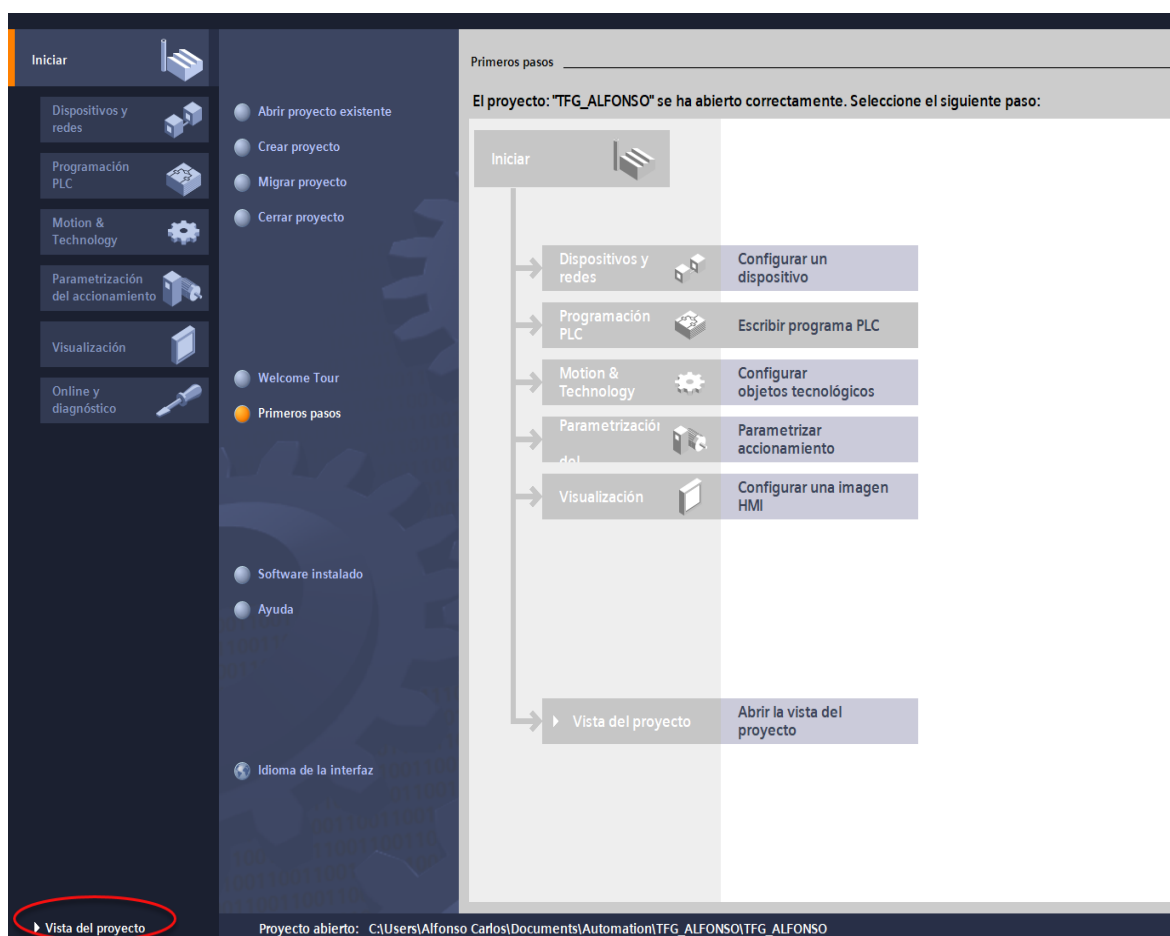


Figura 5.4. Vista proyecto

Ahora, en el <<Árbol del proyecto>>, pulsamos la opción <<Agregar dispositivo>>. Ahora procedemos a la elección de nuestro PLC. El número de referencia y la versión del control deben coincidir exactamente con el equipo real. Confirmar pulsando la opción <<Aceptar>>.

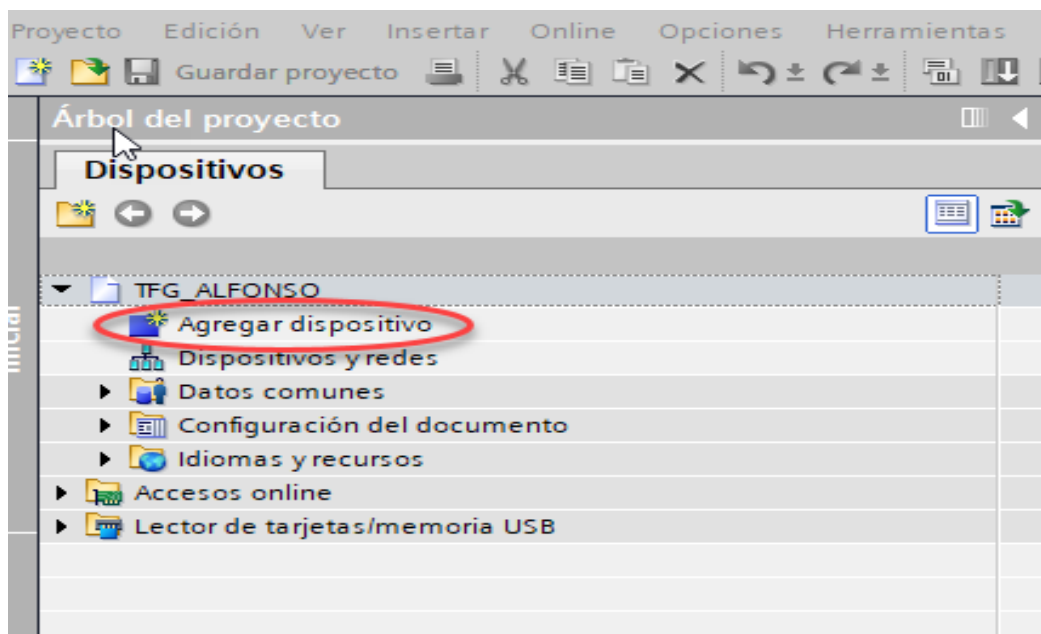


Figura 5.5. Agregar dispositivo

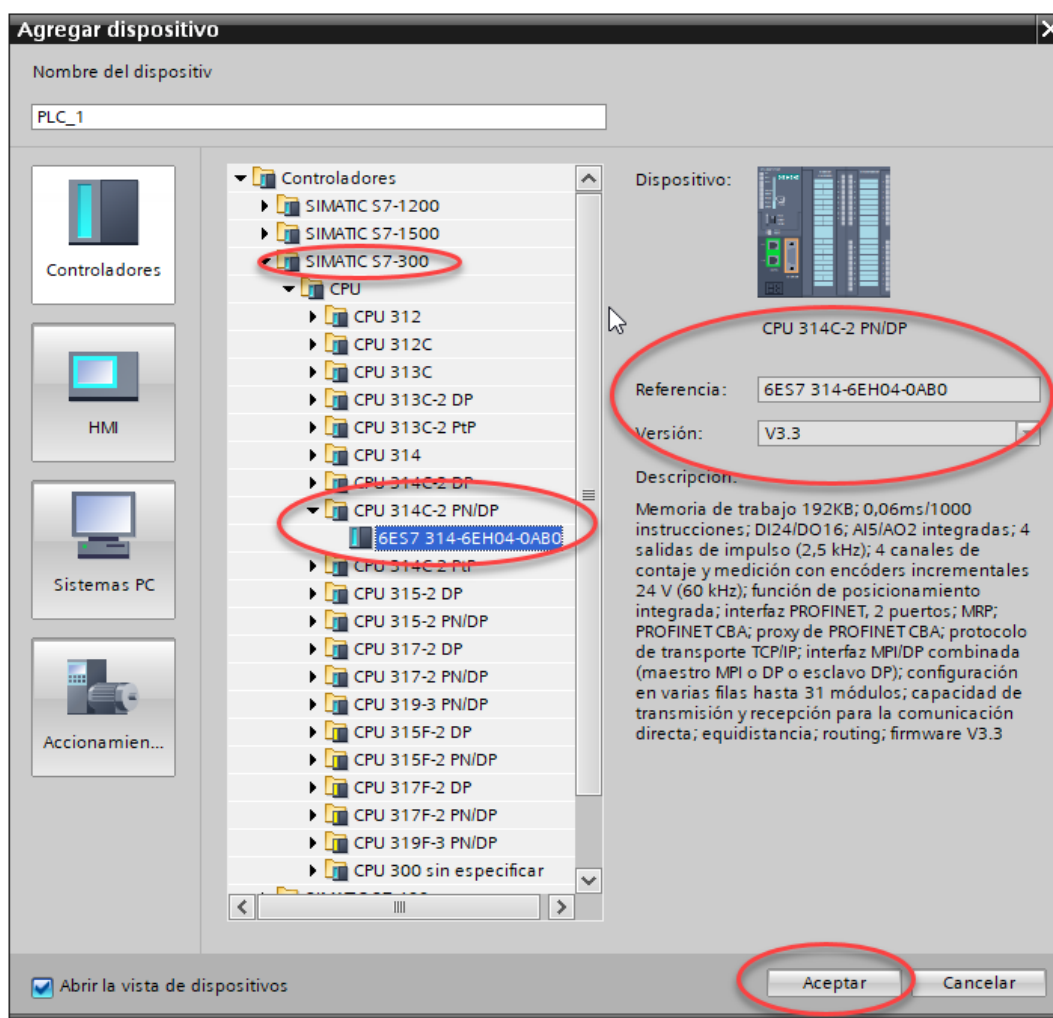


Figura 5.6. Elección PLC

Una vez introducido el PLC se abre la ventana de este equipo.

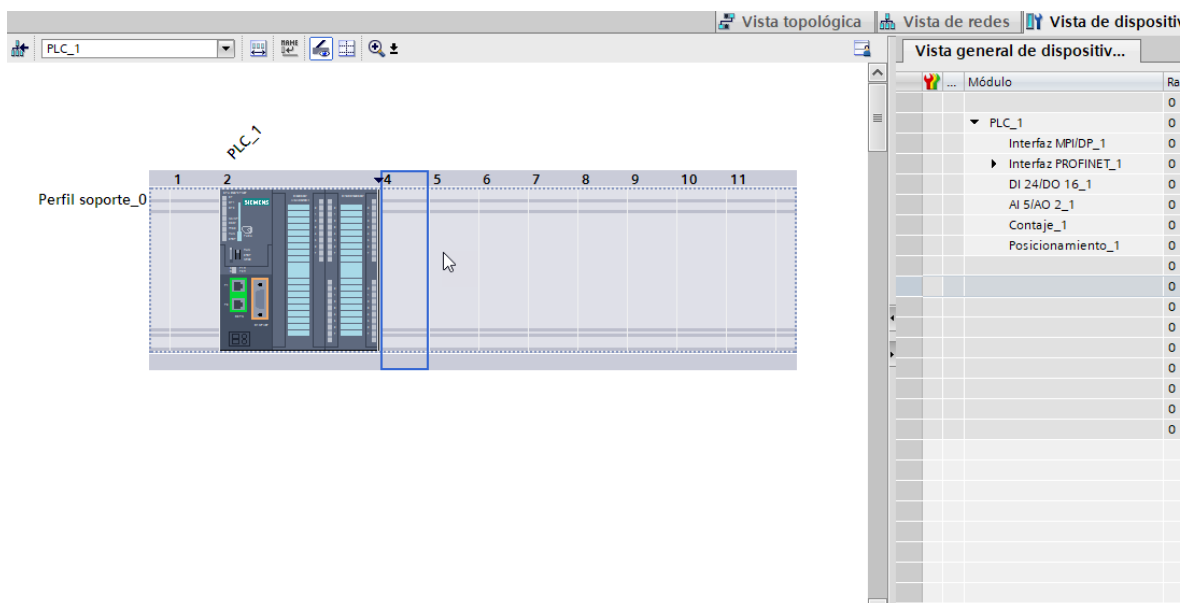


Figura 5.7. Ventana PLC

Ahora tenemos que añadir los diferentes módulos que componen nuestro PLC.

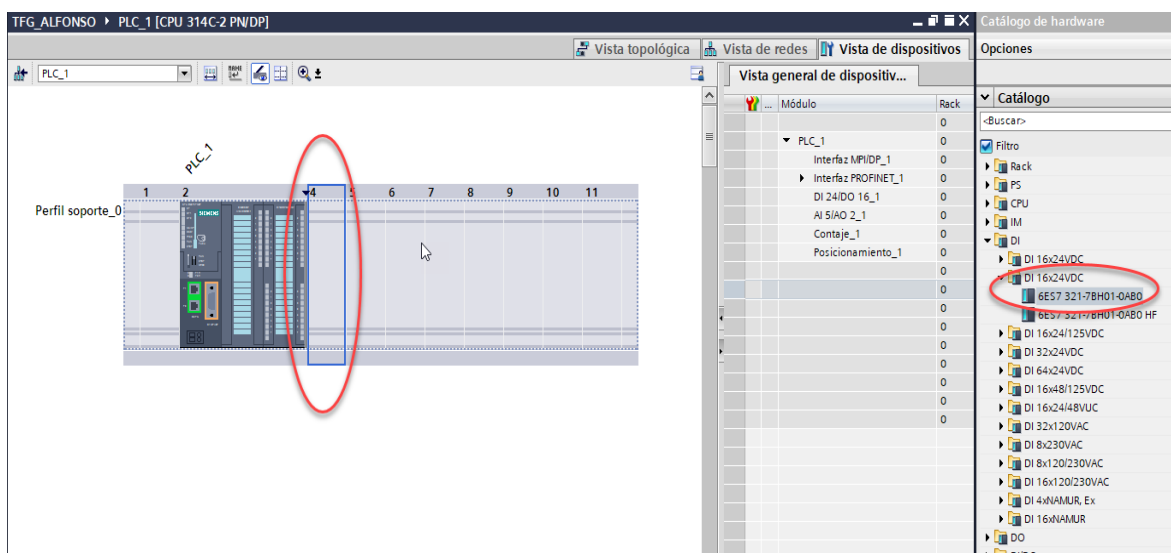


Figura 5.8. Añadir módulos 1

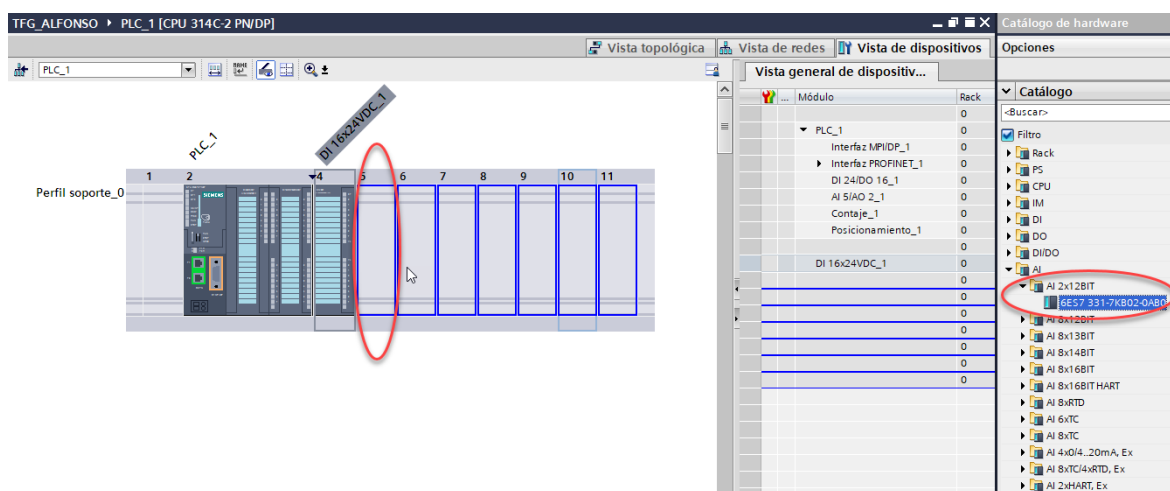


Figura 5.9. Añadir módulos 2

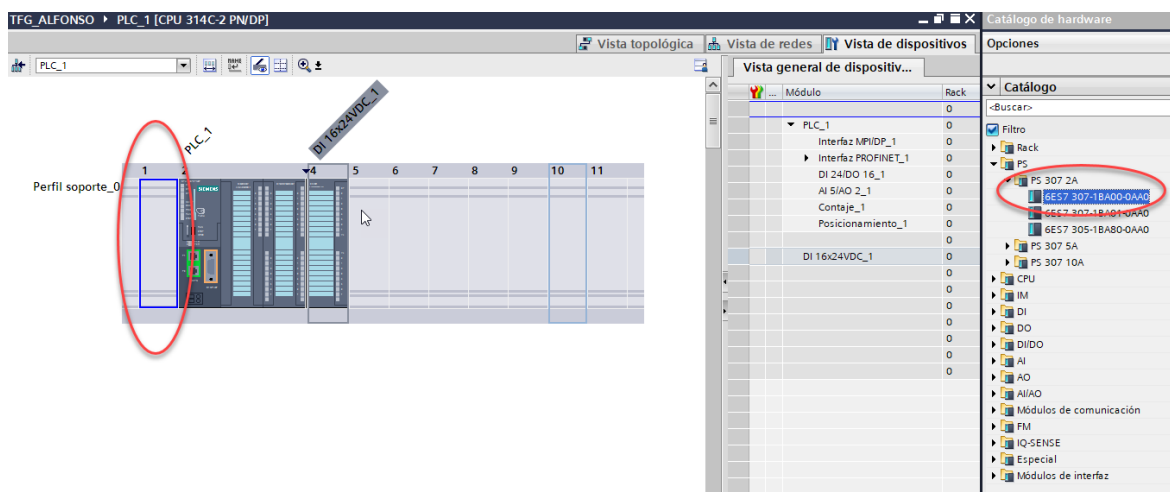


Figura 5.1. Añadir módulos 3

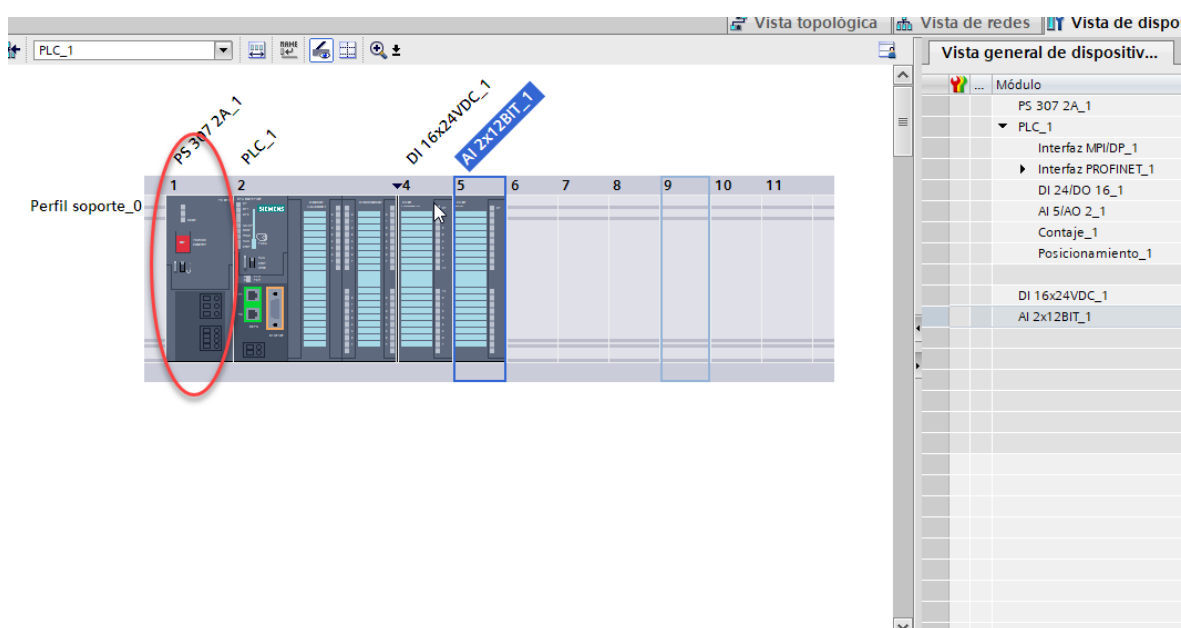


Figura 5.11. Añadir módulos 4

Esta es la configuración final de nuestro PLC. En vista general debemos de añadir estas direcciones que serán las que nos sirvan para programar.

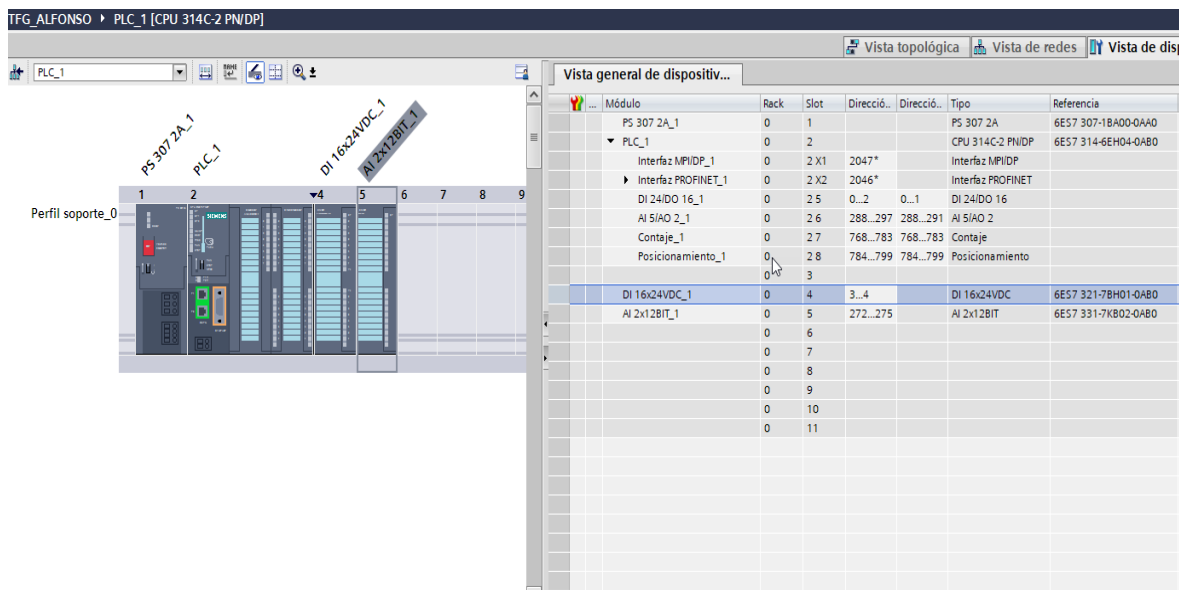


Figura 5.12. Añadir módulos 5

En el «Árbol del proyecto», abrimos la «Tabla de variables estándar» e introduzca ahí toda la información necesaria. El TIA Portal opera exclusivamente sobre una base simbólica por lo que precisa contar siempre con una variable.

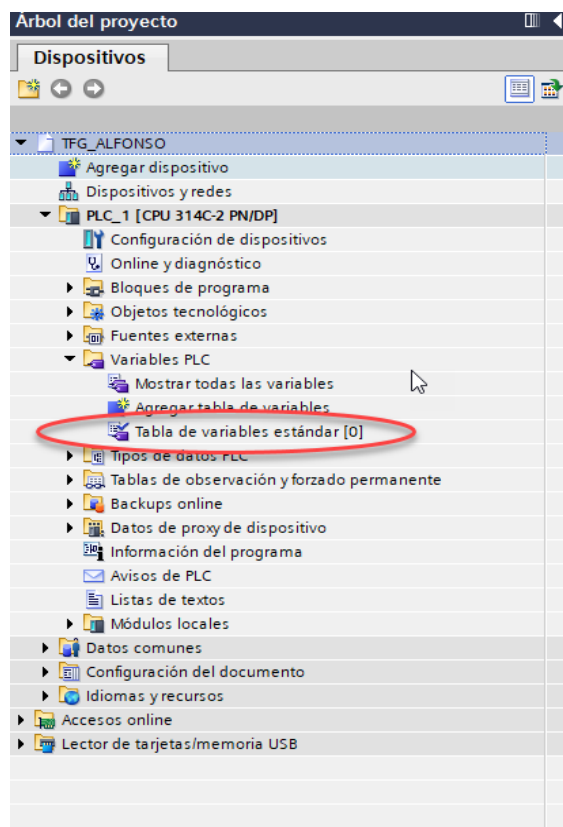


Figura 5.13. Tabla de variables estándar



Figura 5.14. Agregar tablas de variables

Aquí agregamos todas las variables. A continuación, se muestra la tabla con todas las variables que vamos a precisar. En la Figura 5.15 podemos observar la lista de variables.

TFG_ALFONSO > PLC_1 [CPU 314C-2 PN/DP] > Variables PLC > Variables1 [49]							
Variables1							
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	ABRE_VALV_ACIDO	Bool	%Q0.3		☒	☒	
2	ABRE_VALV_BASE	Bool	%Q0.2		☒	☒	
3	BOMBA_MAN_ON	Bool	%M50.0		☒	☒	
4	CONDUCT_VALOR	Real	%MD114		☒	☒	
5	EN_RANGO	Bool	%M103.0		☒	☒	
6	MEMORIA	Bool	%M0.2		☒	☒	
7	CONDUCT_CONTROL	Bool	%M1.4		☒	☒	
8	FLUJO_CONTROL	Bool	%M0.5		☒	☒	
9	CALOR_OFF	Bool	%M1.0		☒	☒	
10	CALOR_ON	Bool	%M1.1		☒	☒	
11	NIVEL_CONTROL	Bool	%M0.3		☒	☒	
12	NIVEL_FLUJO_CONTROL	Bool	%M1.2		☒	☒	
13	PH_CONTROL	Bool	%M1.3		☒	☒	
14	PRESION_CONTROL	Bool	%M0.4		☒	☒	
15	TEMP_CONTROL_ONOFF	Bool	%M0.6		☒	☒	
16	TEMP_CONTROL_PWM	Bool	%M0.7		☒	☒	
17	TRUE	Bool	%M0.1		☒	☒	
18	ZERO	Bool	%M0.0		☒	☒	
19	I_B101_MAX	Bool	%IO.1		☒	☒	
20	I_B101_MEDIO	Bool	%IO.0		☒	☒	
21	I_B102_MAX	Bool	%IO.2		☒	☒	
22	I_B102_MIN	Bool	%IO.3		☒	☒	
23	M_CICLO_05HZ	Bool	%M150.5		☒	☒	
24	M_CICLO_5HZ	Bool	%M150.2		☒	☒	
25	MANIPIL_VALUE_PWM	Real	%MD10		☒	☒	
26	P_MANIPUL_VAR_BOMBA	Word	%QW288		☒	☒	
27	P_PV_CONDUCT	Int	%IW274		☒	☒	
28	P_PV_FLUJO	Word	%IW292		☒	☒	
29	P_PV_NIVEL	Word	%IW288		☒	☒	
30	P_PV_PH	Int	%IW272		☒	☒	
31	P_PV_PRESION	Word	%IW290		☒	☒	
32	P_PV_TEMPERATURA	Int	%IW294		☒	☒	
33	PH_CONSIGNA	Real	%MD118		☒	☒	
34	PH_CONSIGNA_INF	Real	%MD130		☒	☒	
35	PH_CONSIGNA_SUP	Real	%MD126		☒	☒	
36	PH_VALOR	Real	%MD110		☒	☒	
37	ACTIVAR_CALOR	Bool	%Q0.1		☒	☒	
38	ACTIVAR_BOMBA	Bool	%Q0.0		☒	☒	

Figura 5.15. Tabla de variables completa

Estas son las variables que vamos a precisar para hacer nuestra programación. Como podemos observar vamos a precisar varios tipos de direcciones las cuales vamos a explicar a continuación.

Empezamos explicando los tipos de datos que tenemos:

- **Bool:** variable tipo booleano. Tiene una longitud de 1 bit. Puedo obtener datos de verdadero o falso. Se direcciona como M0.0, M0.1...
- **Real:** tiene una longitud de 32 bits, que son 4 byte. Se direcciona con MD110, MD114....
- **Word:** este tipo de datos puede ser tipo Q, I o M. Q para las salidas, I para entradas, M para marcas. se direcciona QW10, QW12... Tiene una longitud de 2 bytes que son 16bits.

Tenemos varios tipos de direcciones, la primera letra que acompaña a la dirección suele ser:

- **Q:** para las salidas.
- **M:** para las marcas interna.
- **I:** para las entradas.

Esta letra si está sola nos indica que es una señal tipo digital, es decir, nos da 1 para on, 0 para off. La segunda letra nos indica si la variable es una variable analógica.

Si nuestra dirección contiene la letra W significa que es una señal analógica.

Una vez definidas las variables a controlar, procederemos a controlar esas variables, para hacer este apartador debemos tener claro que es lo que queremos que haga nuestra máquina y que queremos controlar. Una vez definido esto nos dispondremos a la creación de los bloques de programa para poner en funcionamiento la máquina.

Ahora, seleccionamos la opción «Agregar nuevo bloque» en el árbol del proyecto. Se abre así la ventana de opciones: Seleccionamos entonces un tipo de «Función». Nosotros vamos a utilizar varias funciones.

- **OB** que son bloques de organización encargado de la ejecución cíclica del programa.
- **FC** subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque (OB, FB, FC). El bloque que efectúa la llamada transfiere los parámetros a la FC. Realiza una operación específica en un conjunto de valores de entrada y almacena los resultados de esta operación en posiciones de memoria.
- **FB** subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque (OB, FB, FC). Tiene asociado un DB que almacena los datos de la llamada.

- **DB** son bloques de datos que creamos para almacenar los datos de los bloques.

Estos datos se borran cuando finaliza la ejecución de un bloque.

Dentro de nuestras funciones:

He utilizado un lenguaje de bloques llamado KOP.

Tenemos también implementados sistemas de control PID.

A continuación, mostraremos algunas partes de la programación que he realizado.

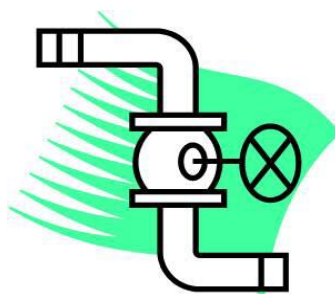
6. PROCESOS EXPERIMENTALES



Ensayos a realizar:

- Control automático de caudal
- Control automático de presión
- Control automático de nivel
- Regulación automática de temperatura con controlador de dos posiciones
- Regulación automática de pH y conductividad

6.1 Control automático de caudal



En este apartado debe llevar a cabo la regulación de caudal con el controlador PI. La siguiente figura muestra en azul las vías hidráulicas que se deben conmutar.

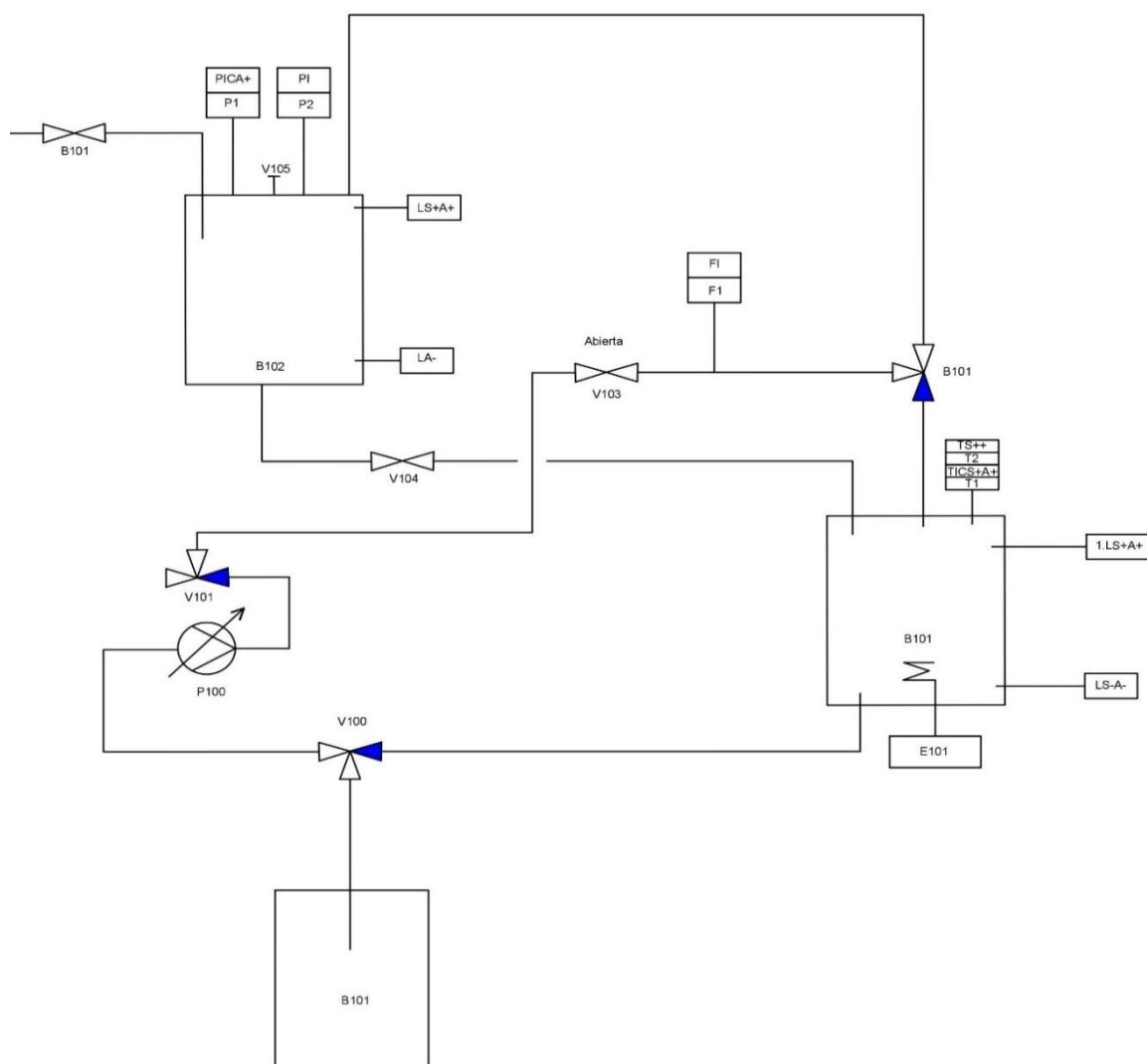


Figura 6.1.1. Esquema hidráulico

El control de caudal se realiza aquí mediante la recirculación por bombeo del depósito B101 llenado anteriormente. Para un control adicional, se puede leer el valor del caudal mediante el rotámetro en un rango 0 a 3 litros por minuto. La Figura 6.1.2 ilustra las funciones básicas del control automático de caudal.

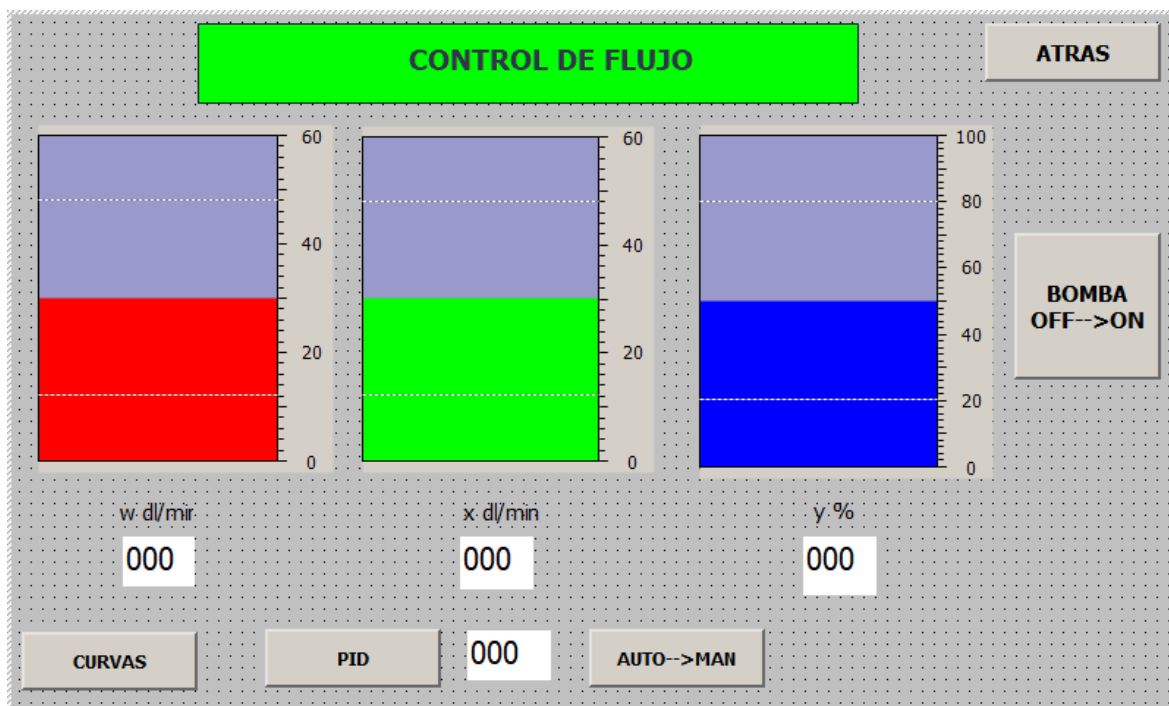


Figura 6.1.2. SCADA

En la pantalla "CONTROL DE FLUJO" se pueden observar las tres variables principales (w , x e y) del controlador, en forma gráfica, mediante barras, o en el formato numérico de sus unidades físicas.

El valor preestablecido de w es manipulable. Esto es igualmente válido para la variable de control manual y_m cuando el controlador haya sido llevado al modo manual mediante el comando "MAN_ON".

En la Figura 6.1.3 se muestra una captura de la pantalla del bloque de control de caudal con el fin de que se visualicen las conexiones de las entradas y salidas.

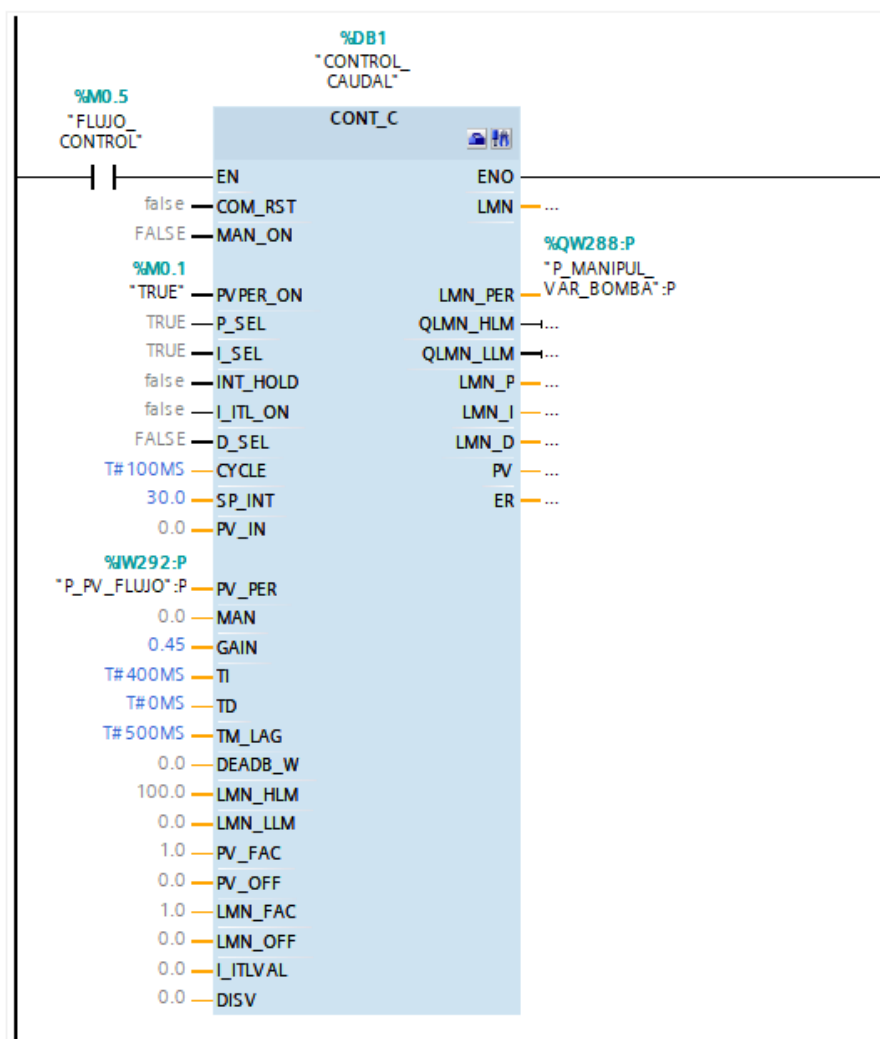


Figura 6.1.3. Bloque de control

Los elementos a conectar son los siguientes (las direcciones absolutas de las variables simbólicas se encuentran en la tabla de símbolos adjunta):

EN: "FLUJO_CONTROL" se activa con la selección del control de caudal en la pantalla de inicio. La entrada EN enciende o apaga el bloque de control. Esto es necesario porque otros controladores también utilizan la bomba P100 como actuador.

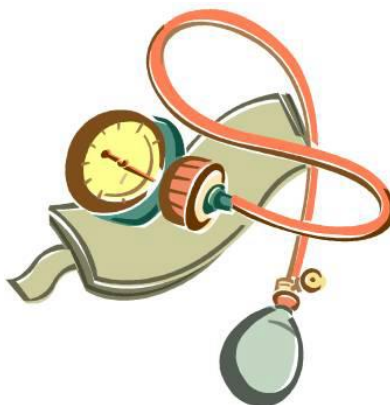
PVPER_ON: "TRUE" es una variable lógica con el valor fijo TRUE. De esta manera, el valor real de entrada del bloque controlador pasa a una entrada analógica.

CYCLE: "T#100ms". Este valor debe concordar con el tiempo de muestreo real del bloque OB 35.

PV_PER: "P_PV_FLUJO" es la entrada analógica del valor real.

LMN_PER: "P_MANIPUL_VAR_BOMBA". Salida analógica de la bomba P100.

6.2 Control automático de presión



En este apartado se implementará el control de presión con el controlador PI. A continuación, se realizan otros experimentos con un controlador PID. La siguiente figura muestra en azul las vías hidráulicas que se deben conmutar.

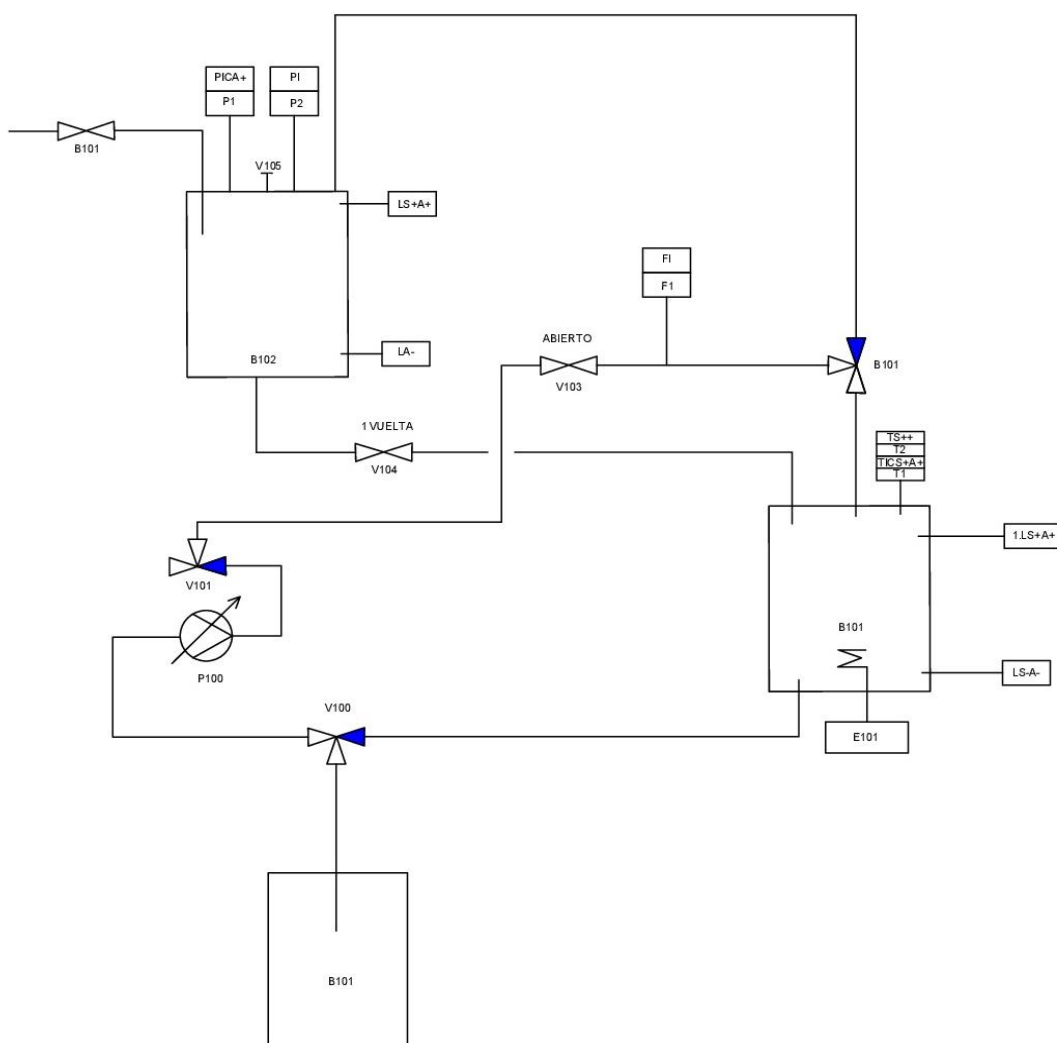


Figura 6.2.1. Esquema hidráulico

Para el control de presión se utilizará el depósito B101 como recipiente de reserva con el que se alimentará el recipiente B102 que, por su parte, operará con una salida de evacuación.

La Figura 6.2.2 ilustra las funciones básicas de la interfaz de usuario "CONTROL DE PRESION" del control de presión.

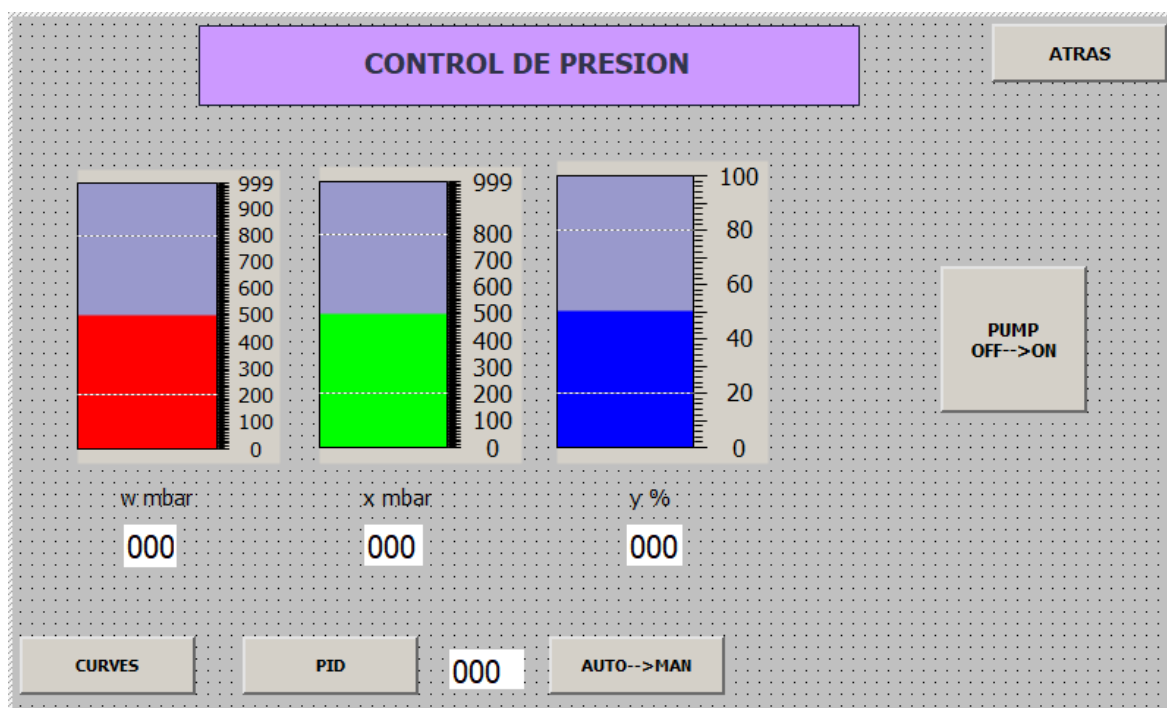


Figura 6.2.2. SCADA

En la pantalla "CONTROL DE PRESION" se pueden observar las tres variables principales (w, x e y) del controlador, en forma gráfica, mediante barras, o en el formato numérico de las unidades físicas.

El valor preestablecido de w es manipulable. Esto es igualmente válido para la variable de control manual yM cuando el controlador haya sido llevado al modo manual mediante el comando "MAN_ON". La conmutación de funcionamiento de manual a automático y viceversa carece de oscilaciones.

En la siguiente figura se muestra una captura de pantalla del bloque de control de presión con el fin de que se visualicen las conexiones de las entradas y salidas.

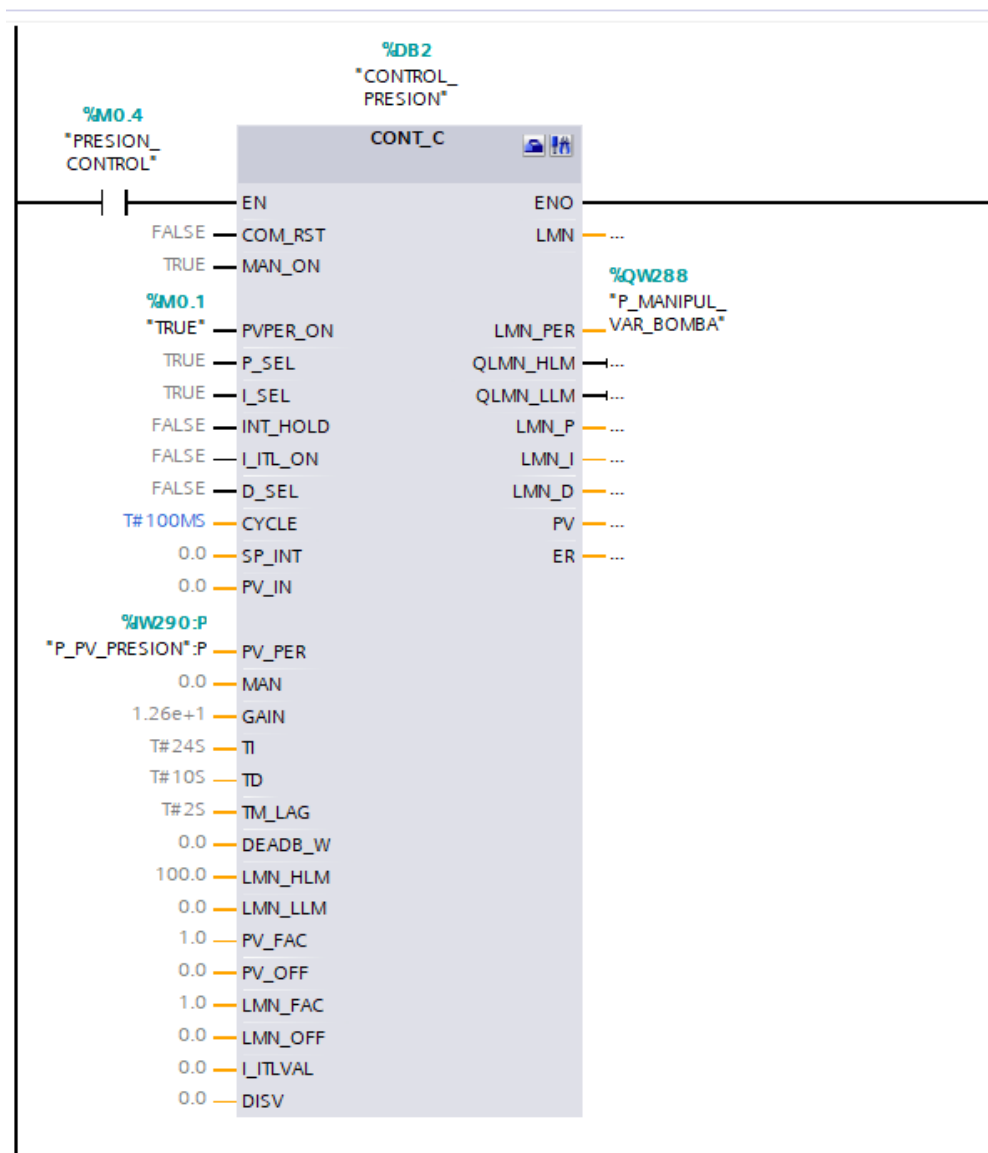


Figura 6.2.3. Bloque de control

Los elementos a conectar son los siguientes (las direcciones absolutas de las variables simbólicas se encuentran en la tabla de símbolos adjunta):

EN: "PRESION_CONTROL" se ajusta para la selección de control de presión mediante la pantalla de inicio. La entrada EN enciende o apaga el módulo controlador. Esto es necesario puesto que otros controladores también utilizan la bomba P100 como actuador.

PVPER_ON: "TRUE" es una variable lógica con un valor fijo TRUE. De esta manera, el valor real de entrada del bloque controlador pasa a una entrada analógica. **CYCLE:** "T#100ms". Este valor debe concordar con el tiempo de muestreo real del bloque OB 35.

PV_PER: "PV_PRESSURE" es la entrada analógica del valor real.

LMN_PER: "P_MANIPUL_VAR_BOMBA". Salida analógica de la bomba P100.

6.3 Control automático de nivel



En este apartado debe realizar el control de nivel con un controlador PI. La siguiente figura muestra en azul las vías hidráulicas que se deben conmutar.

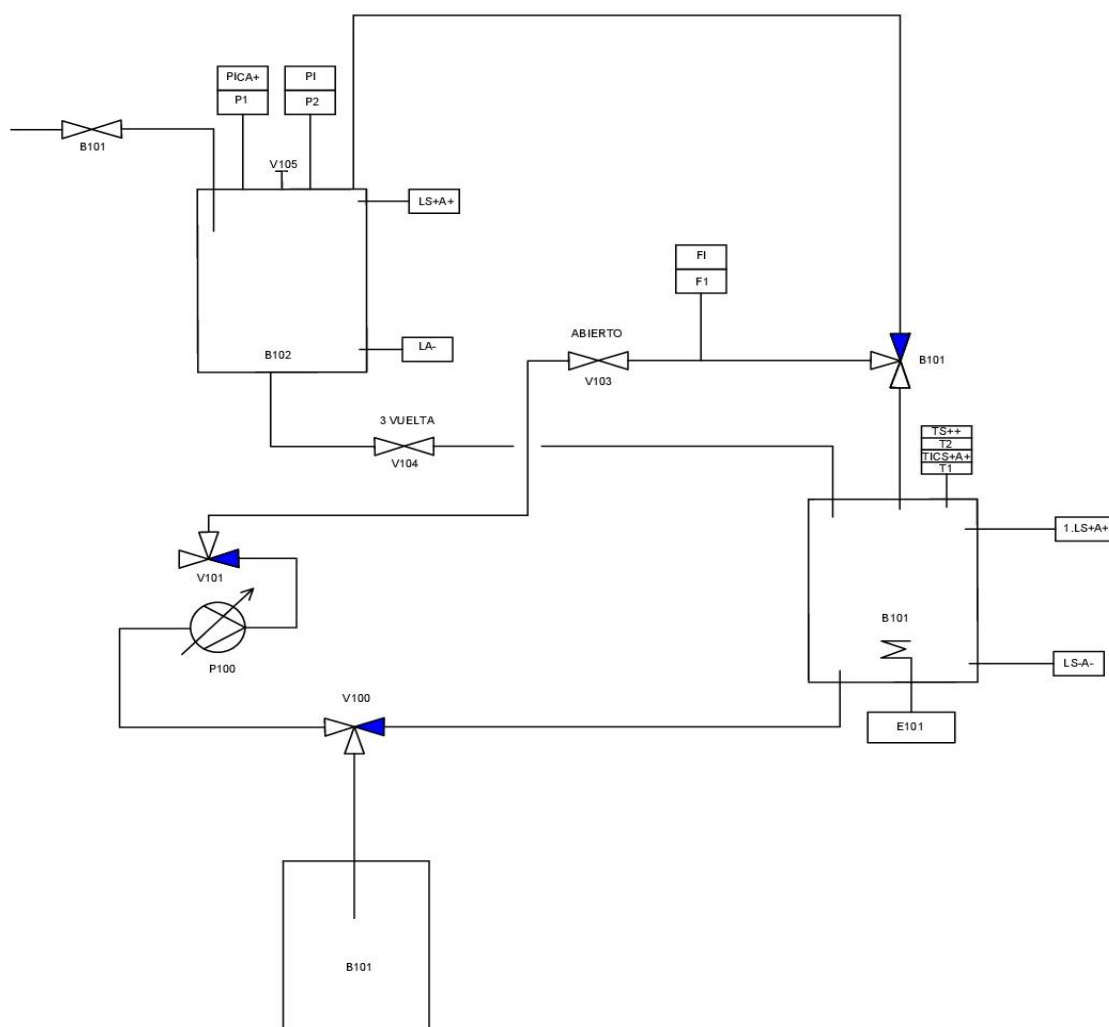


Figura 6.3.1. Esquema hidráulico

Para el control de nivel se utilizará el depósito B101 como recipiente de reserva, con el que se alimentará el recipiente B102 que, por su parte, operará con una salida de evacuación. Para ello, en primer lugar, cierre la válvula manual V104 y, abrimos la válvula V104 dando el paso que queramos. La Figura 6.3.2 ilustra las funciones básicas de la interfaz de usuario "CONTROL DE NIVEL" del control automático de nivel.

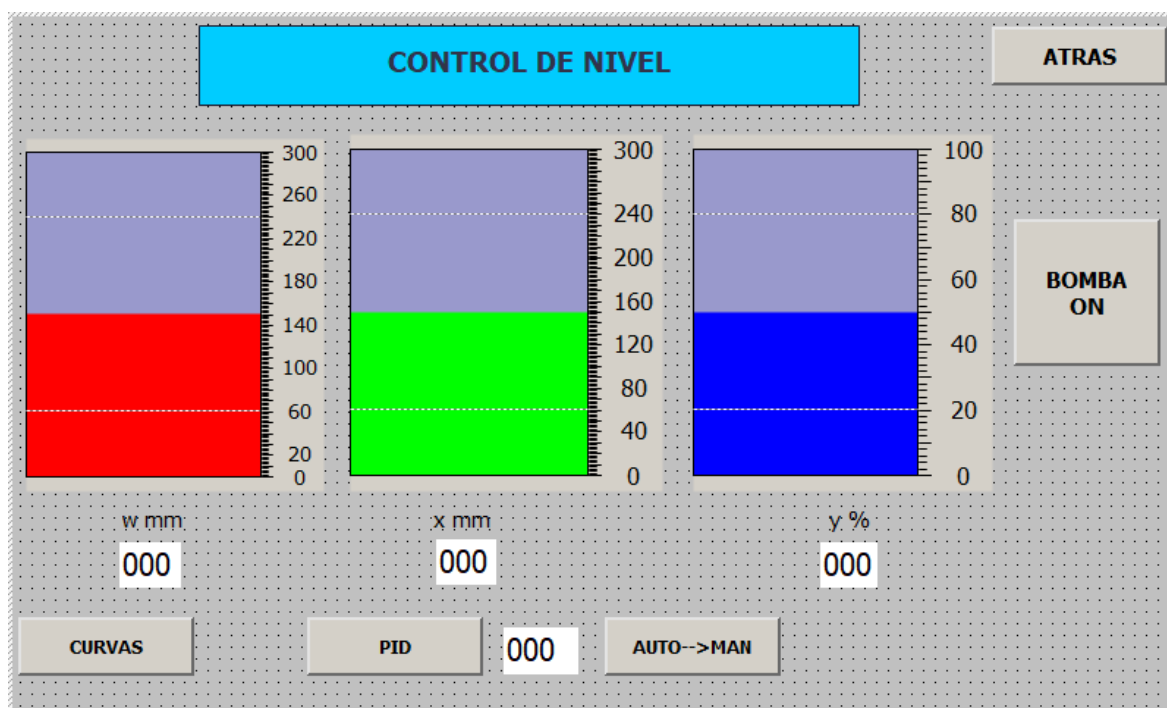


Figura 6.3.2. SCADA

En la pantalla "CONTROL DE NIVEL" se pueden observar las tres variables principales (w, x e y) del controlador, en forma gráfica, mediante barras, o en el formato numérico de las unidades físicas.

El valor preestablecido de w es manipulable. Esto es igualmente válido para la variable de control manual yM cuando el controlador haya sido llevado al modo manual mediante el comando "MAN_ON". La conmutación de funcionamiento de manual a automático y viceversa carece de oscilaciones.

En la Figura 6.9 se muestra una captura de la pantalla del bloque de control de caudal con el fin de que se visualicen las conexiones de las entradas y salidas.

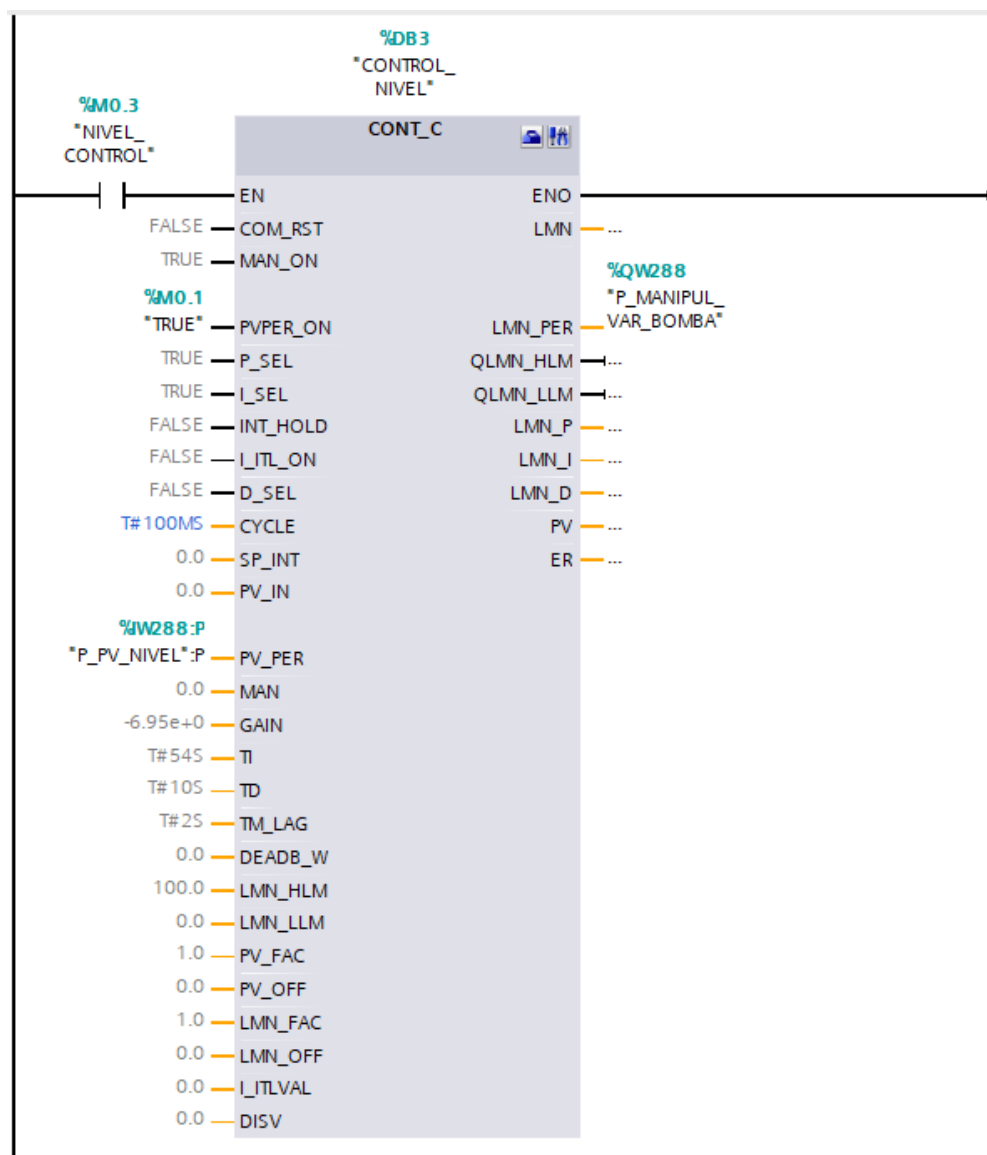


Figura 6.3.3. Bloque de control

Los elementos a conectar son los siguientes (las direcciones absolutas de las variables simbólicas se encuentran en la tabla de símbolos adjunta):

EN: "NIVEL_CONTROL" se ajusta para la selección de control de nivel mediante la pantalla de inicio. La entrada EN enciende o apaga el módulo controlador. Esto es necesario puesto que otros controladores también utilizan la bomba P100 como actuador.

PVPER_ON: "TRUE" es una variable lógica con un valor fijo TRUE. De esta manera, el valor real de entrada del bloque controlador pasa a una entrada analógica.

CYCLE: "T#100ms". Este valor debe concordar con el tiempo de muestreo real del bloque OB35.

PV_PER: "PV_LEVEL" es la entrada analógica del valor real.

LMN_PER: "P_MANIPUL_VAR_BOMBA". Salida analógica de la bomba P100.

6.4 Regulación automática de temperatura



En este apartado se debe controlar la temperatura del agua del depósito B101. Dado que el actuador (el calentador E101) sólo puede trabajar en los modos de encendido y apagado, tenemos como consecuencia que solo será posible emplear un controlador conmutador. La siguiente figura muestra en azul las vías hidráulicas que se deben conmutar.

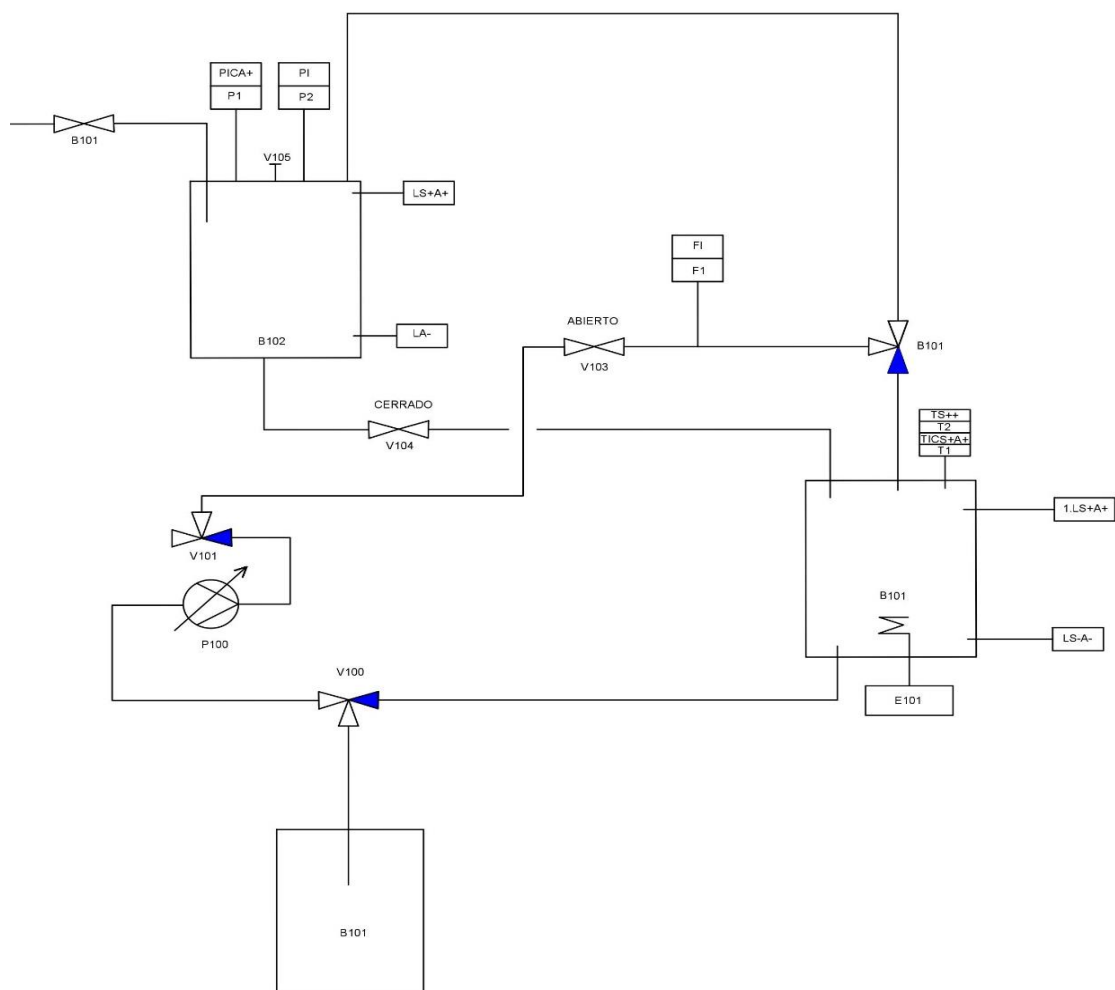


Figura 6.4.1. Esquema hidráulico

Durante el control automático de temperatura es necesario que el fluido recircule en el depósito para que se consiga una buena mezcla del contenido.

La siguiente figura muestra el funcionamiento básico de un controlador de dos posiciones (ON y OFF). La Figura 6.4.2 muestra la interfaz de usuario.

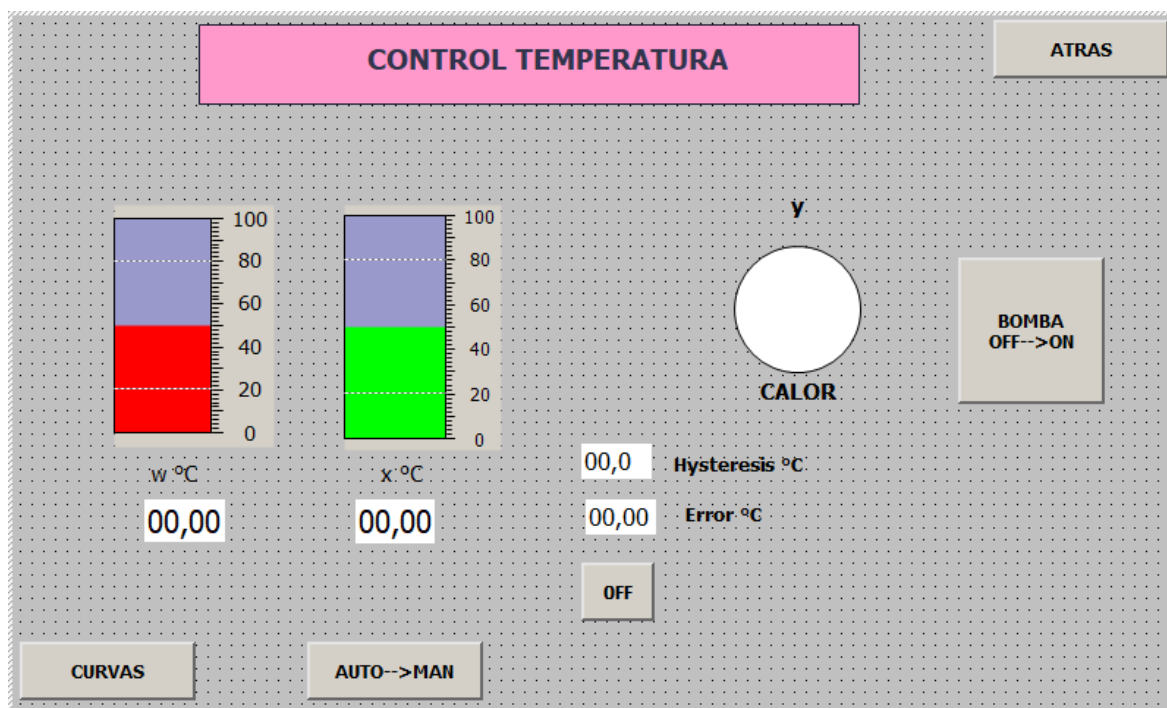


Figura 6.4.2. SCADA

La salida binaria de excitación del calentador no pasa directamente al calentador sino a una unidad adicional de hardware de conmutación (no representada en la imagen), pues el dispositivo de excitación se bloquea con **temperaturas mayores que 60 °C**.

El valor prestablecido de w es ajustable en grados centígrados. También es ajustable la variable de control manual y_M siempre y cuando el control de temperatura haya sido llevado al modo manual mediante el comando "MAN".

Aquí se debe emplear el bloque FB100 "TCONT_ON_OFF", que contiene un controlador de dos posiciones escrito independientemente. La Figura 6.12 ilustra el programa FB100 "TCONT_ON_OFF".

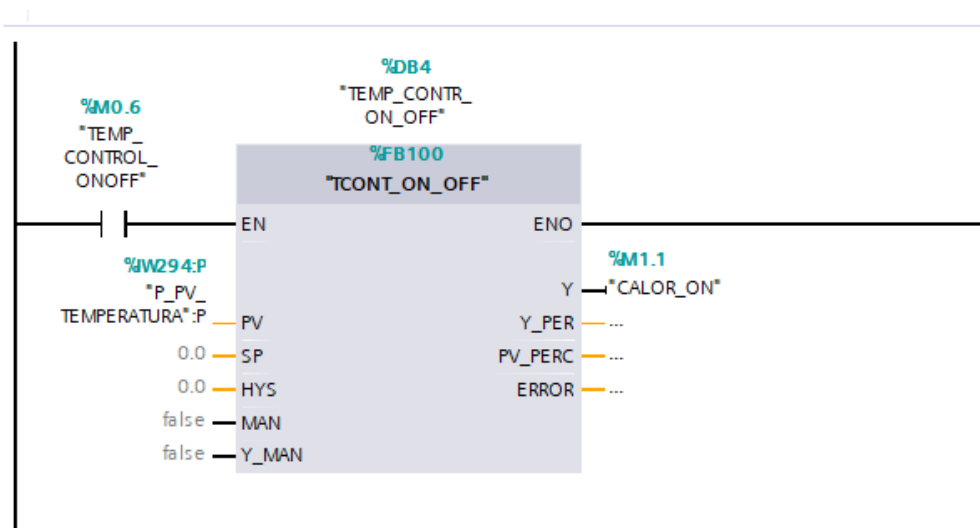


Figura 6.4.3 Bloque control 1

Las variables de entrada de FB100 "TCONT_ON_OFF" su significado se muestra en la Tabla 6.4.1:

Variable	Tipo de datos	Comentario
PV	INT	Entrada analógica de temperatura
SP	REAL	Valor prescrito en tantos por ciento
MAN	BOOL	Conmutador automático / manual; Hand = TRUE
Y_MAN	BOOL	Variable de control manual

Tabla 6.4.1. Variables1

Las variables de salida de FB100 "TCONT_ON_OFF" su significado se muestra en la Tabla 6.4.2:

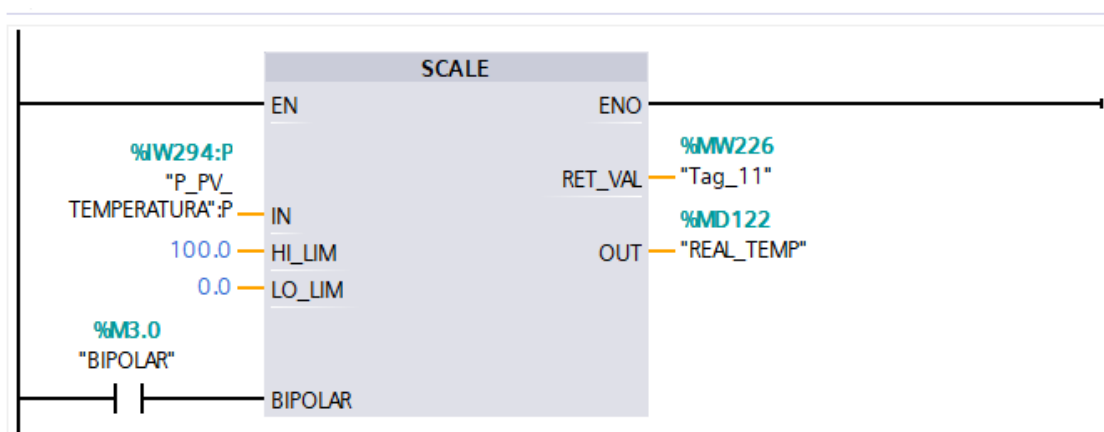
Variable	Tipo de datos	Comentario
Y	BOOL	Variable de control
Y_PER	REAL	Variable de control en tantos por ciento (0% o 100%)
PV_PER	REAL	Variable de control en tantos por ciento
ERROR	REAL	Variable de error w - x en tantos por ciento

Tabla 6.4.2. Variables2

Las siguientes condiciones adicionales también deben formar parte del programa:

- El calentador se activará únicamente si la bomba está en funcionamiento.
- La bomba debe activarse para la recirculación.
- El calentador se desconectará por acción del software si la temperatura es superior a 55 °C.

La Figura 6.4.4 muestra una imagen de las partes correspondientes del programa.



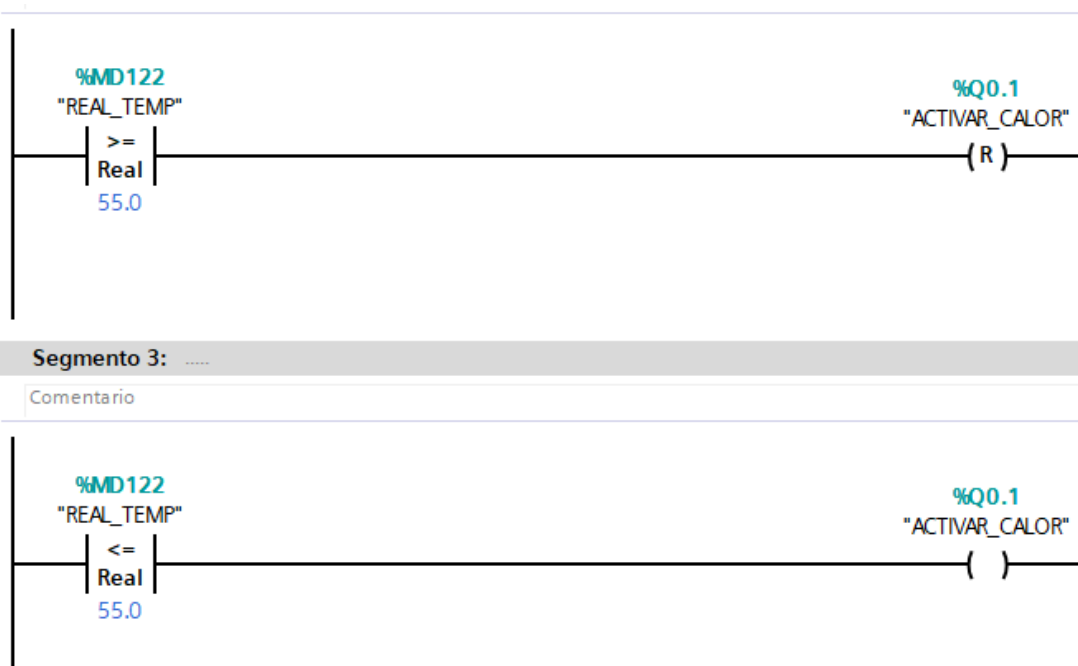


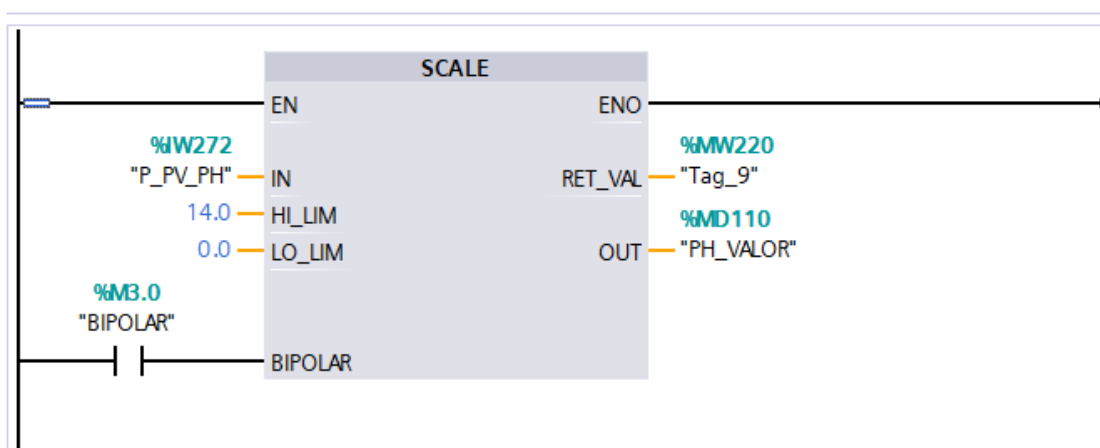
Figura 6.4.4 Bloque de control 2

6.5 Regulación pH y conductividad

El sistema compara el valor de referencia que queremos lograr en cualquiera de los modos de medición, ya sea pH o conductividad, con el valor instantáneo medido.

6.5.1 Regulación pH

La Figura 6.5.1.1 muestra una imagen de las partes correspondientes del programa.



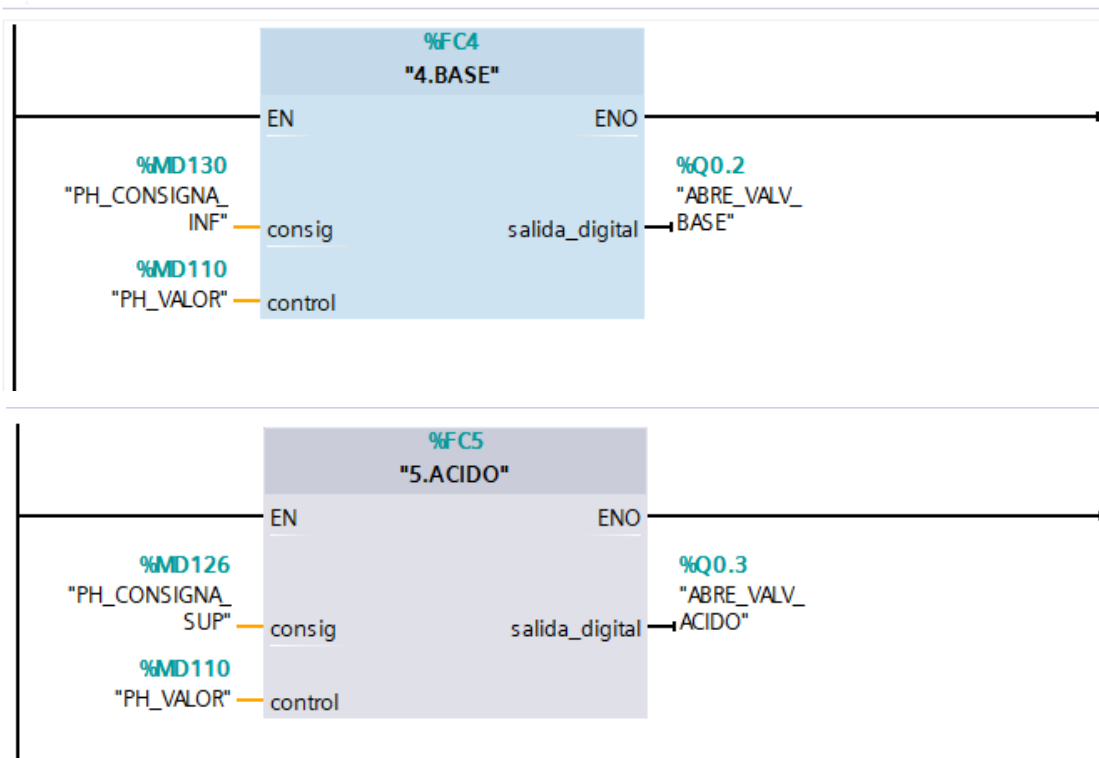


Figura 6.5.1.1. Bloque de control

Los bloques FC4 y FC5 llevan implementados un código escrito para su funcionamiento.

La Figura 6.5.1.2 ilustra las funciones básicas del control automático de pH.

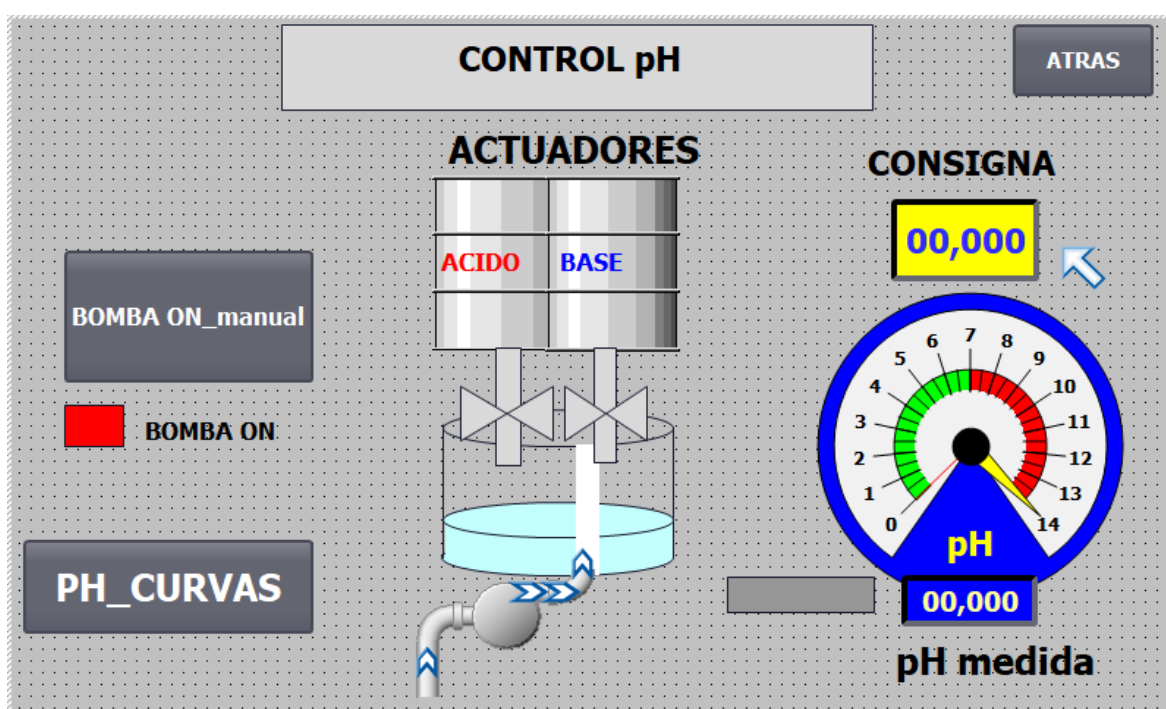


Figura 6.5.1.2. SCADA

Experimento

Inicialmente hay que rellenar los depósitos de ácido y base con las disoluciones elegidas para el experimento. Una vez realizado los procesos de preparación, establecer el valor de pH que se desea alcanzar. En función del estado inicial el sistema añadirá base o ácido en cantidad mayor o menor según nos aproximemos al valor de consigna.

Para acelerar el proceso de difusión activar momentáneamente la bomba de aire para agitar el contenido del depósito.

6.5.2 Regulación conductividad

La Figura 6.5.2.1 muestra una imagen de las partes correspondientes del programa.

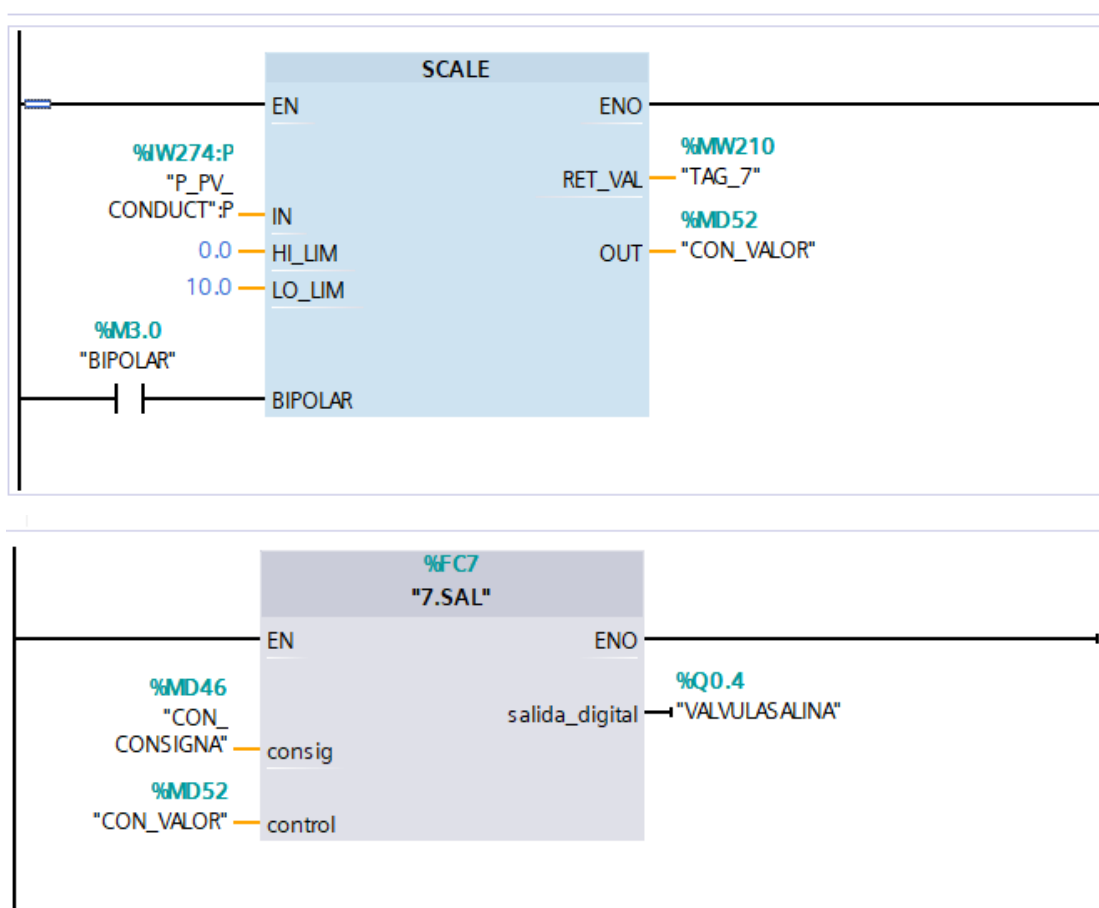


Figura 6.5.2.1. Bloque de control

La Figura 6.5.2.1 ilustra las funciones básicas del control automático de pH.

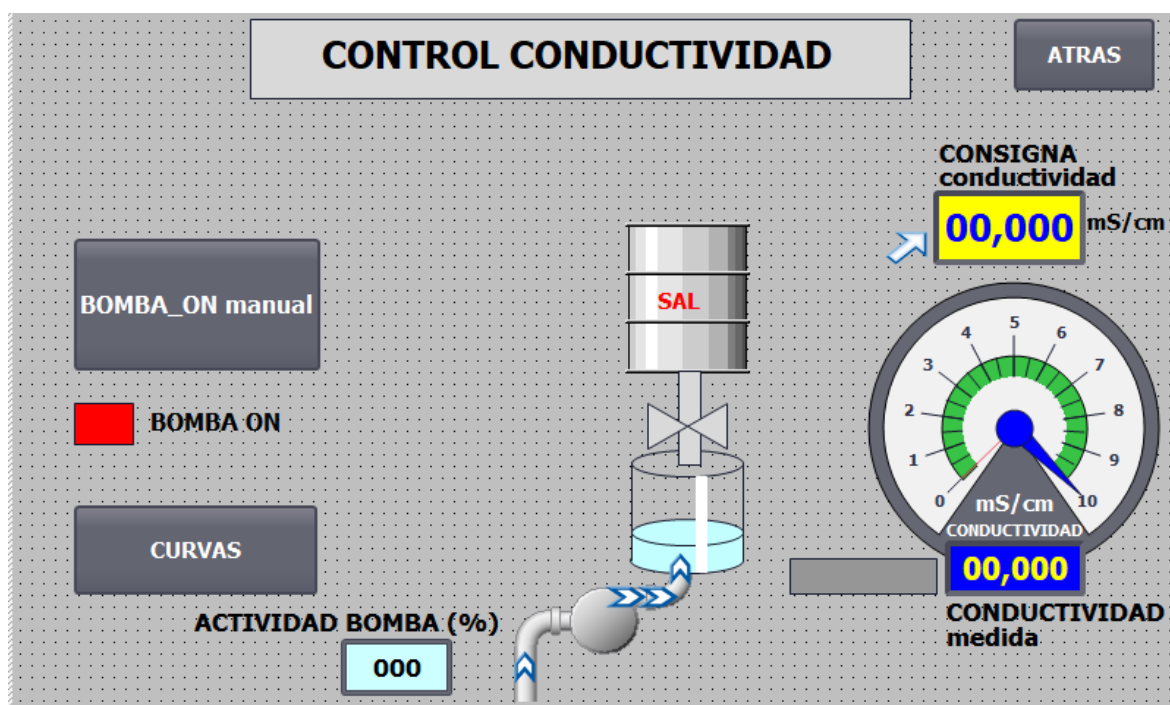


Figura 6.5.2.1. SCADA

Experimento

Rellenar inicialmente el depósito de solución salina. Una vez realizado los procesos de preparación, establecer el valor de conductividad que se desea alcanzar. En función del estado inicial el sistema añadirá solución del depósito superior o agua a través de la bomba, en cantidad mayor o menor según nos aproximemos al valor de consigna.

Para acelerar el proceso de difusión activar momentáneamente la bomba de aire para agitar el contenido del depósito.

7. CREACION SCADA

Creación de SCADA mediante WinCC, en el cual podremos comprobar visualmente todos los parámetros que nos proporcionaran los sensores y actuadores de la máquina. Ahora vamos a agregar un nuevo dispositivo como en el caso inicial.

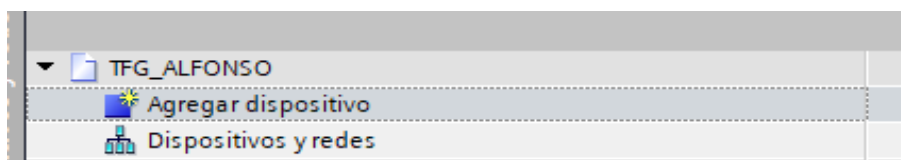


Figura 7.1. Agregar dispositivo

Una vez dentro de <<Agregar dispositivo>> nos a Sistemas de PC y a <<PC general>>. Añadimos Estación PC. También tendremos que añadir WinCC RT Advanced y IE general para la conexión del PC con el PLC.

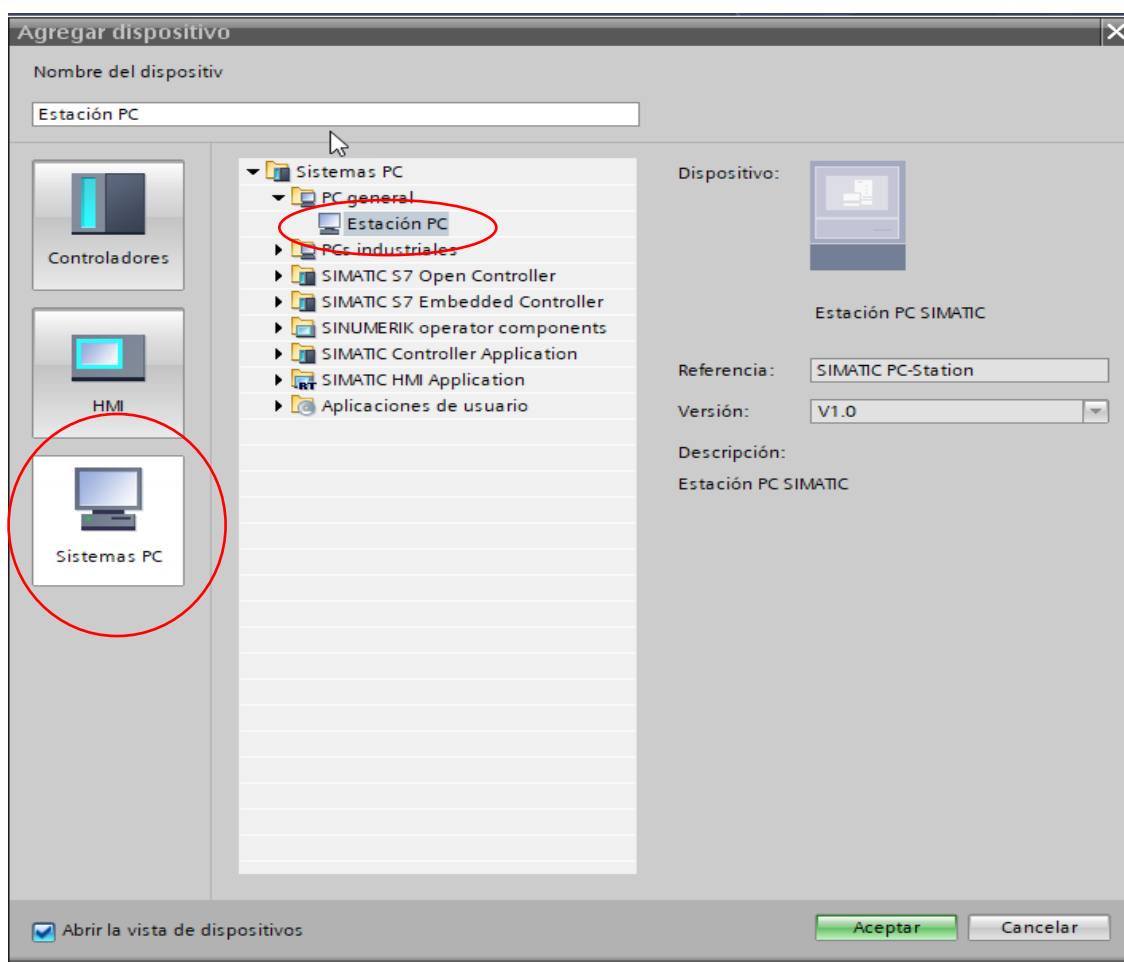


Figura 7.2. Agregar Estación PC

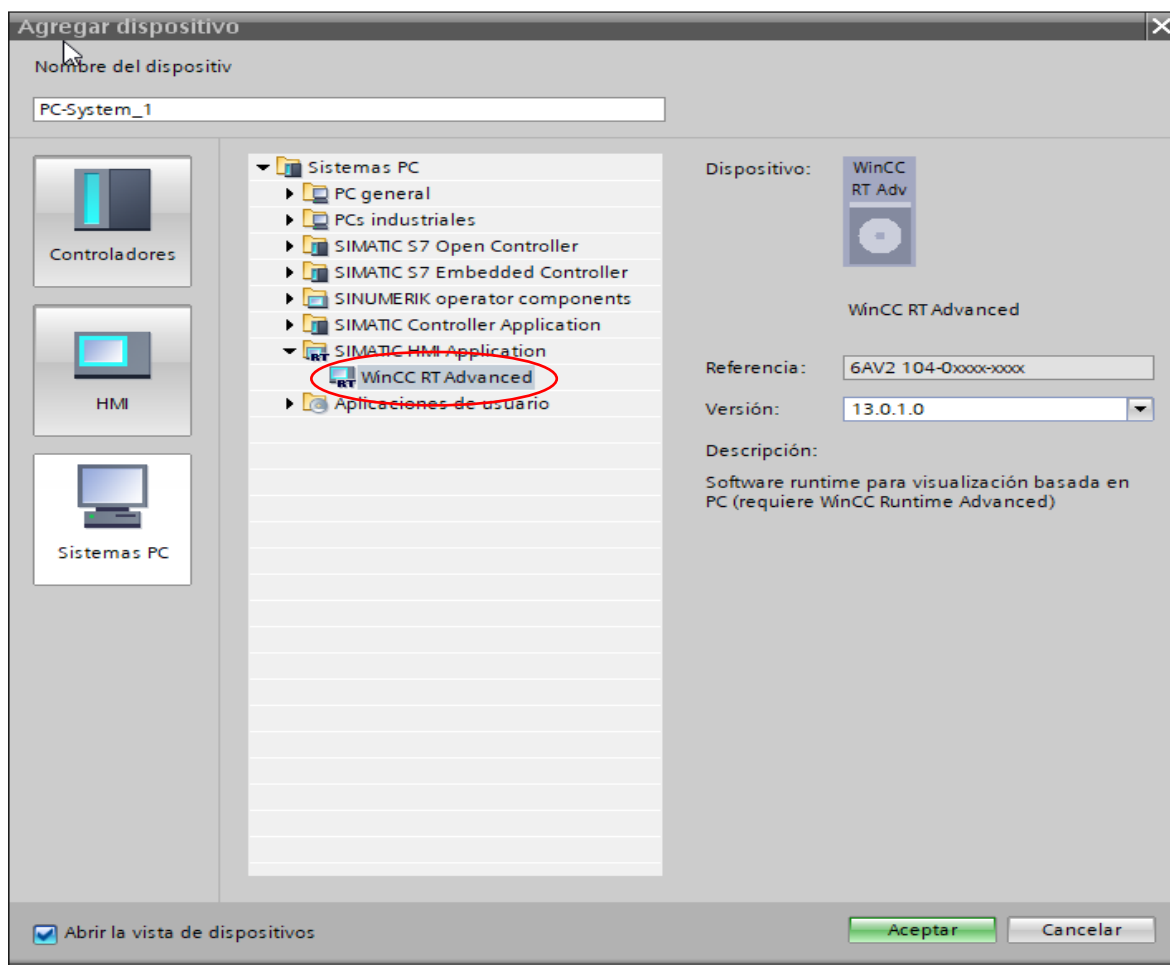


Figura 7.3. WinCC R

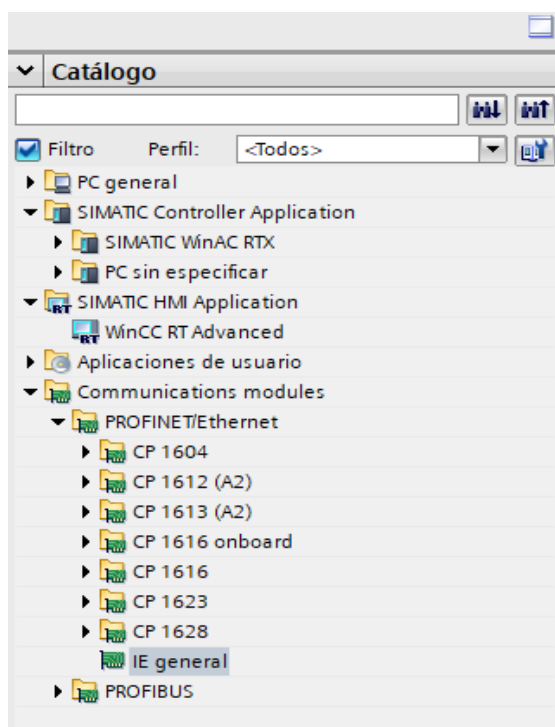


Figura 7.4. IE general

A continuación, podemos observar la Figura 7.5 el montaje.

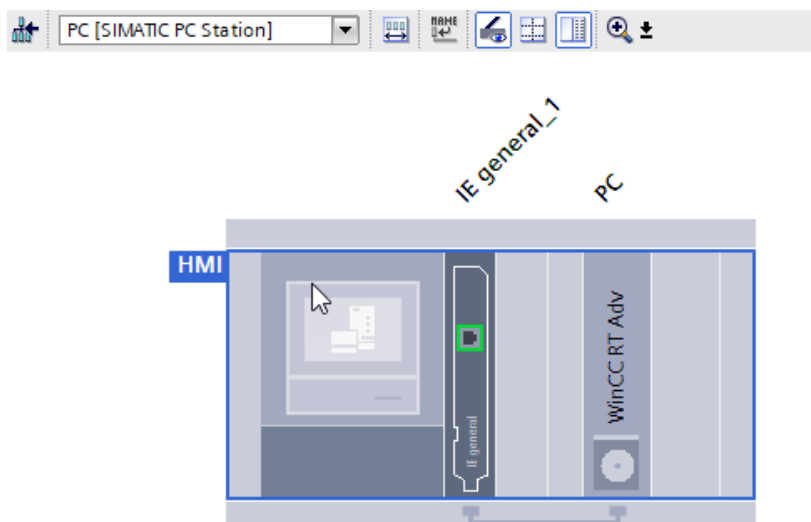


Figura 7.5. Montaje

Ahora en <<Árbol del proyecto>> vamos a la pestaña <<Imágenes>> y a <<Agregar imágenes>>. Aquí diseñaremos nuestras imágenes las cuales se mostrará en la presentación del proyecto y nos servirán para manejar todo el programa.

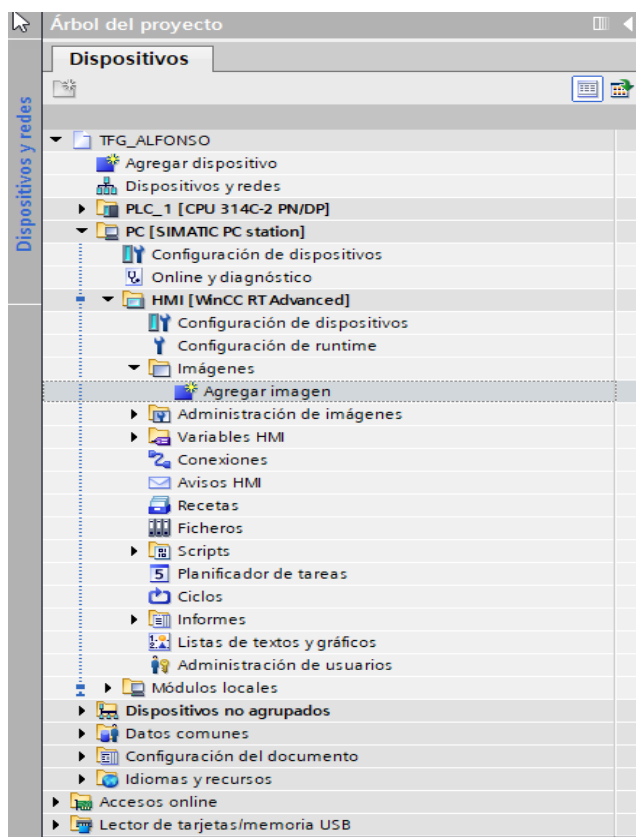


Figura 7.6. Agregar imagen

Definida esta parte, tendremos que añadir a las diferentes imágenes, las direcciones del programa realizado.

Las imágenes presentes en este proyecto las hemos ido mostrando en los apartados anteriores, según el ensayo realizado. La Figura 7.7 muestra la pantalla de inicio desde donde vamos a controlar cada uno de los ensayos.

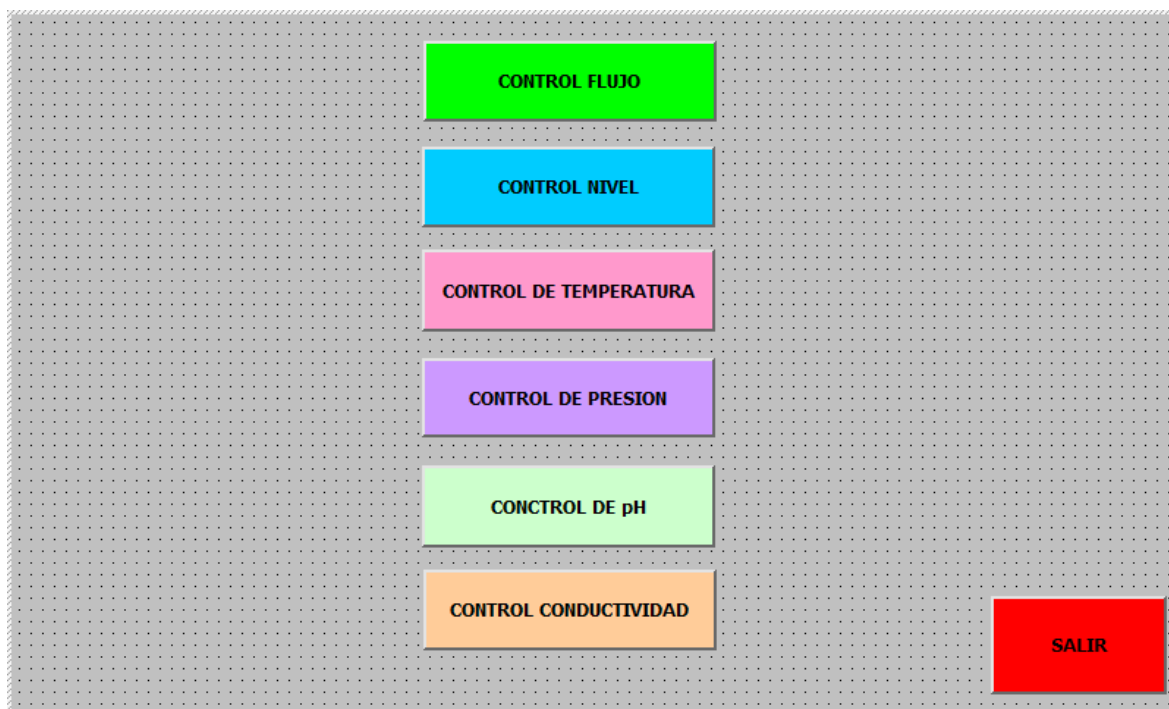


Figura 7.7. Inicio

8. CARGAR PROGRAMA PLC

Antes de cargar nada a nuestro PLC, debemos de compilar todo el programa para garantizar que este no contiene errores.

Pulsando en el icono que se muestra en la Figura 6.24 realizaremos la compilación.

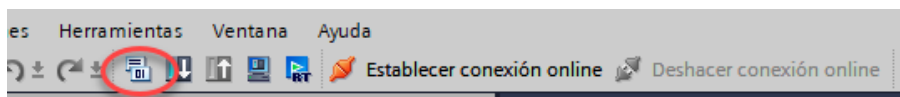


Figura 8.1. Compilar

Como podemos observar en la Figura 8.2 el programa no contiene errores. Podemos cargar el programa en nuestro PLC.

General Referencias cruzadas Compilar							
Mostrar todos los avisos							
Compilación finalizada (errores: 0; advertencias: 0)							
!	Ruta	Descripción	Ir a	?	Fallos	Adverten...	Hora
✓	TEMP_PID_CONTROL (D...	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:43
✓	3.CONTROL_pH (FC3)	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:43
✓	CONTROL_PRESION (DB2)	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:43
✓	CONTROL_NIVEL (DB3)	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:43
✓	CONTROL_CAUDAL (DB1)	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:44
✓	1.PID_PROGRAMA (FC1)	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:44
✓	6.AGUA (FC6)	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:44
✓	9.TENSION BOMBA (FC9)	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:44
✓	LLAMADA_PID_PROGRA...	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:44
✓	OB1 (OB1)	Bloque compilado correctamente.	→				20:06:44
Compilación finalizada (errores: 0; advertencias: 0)							

Figura 8.2. Verificación errores

Para el proceso de carga pulsamos sobre el icono que se muestra en la Figura 8.3.



Figura 8.3. Cargar programa

Una vez pulsado este icono nos aparecerá la imagen de la Figura 8.4, y con esta configuración procedemos al proceso de carga en el PLC. Buscamos nuestro PLC y pulsamos <<Cargar>>.

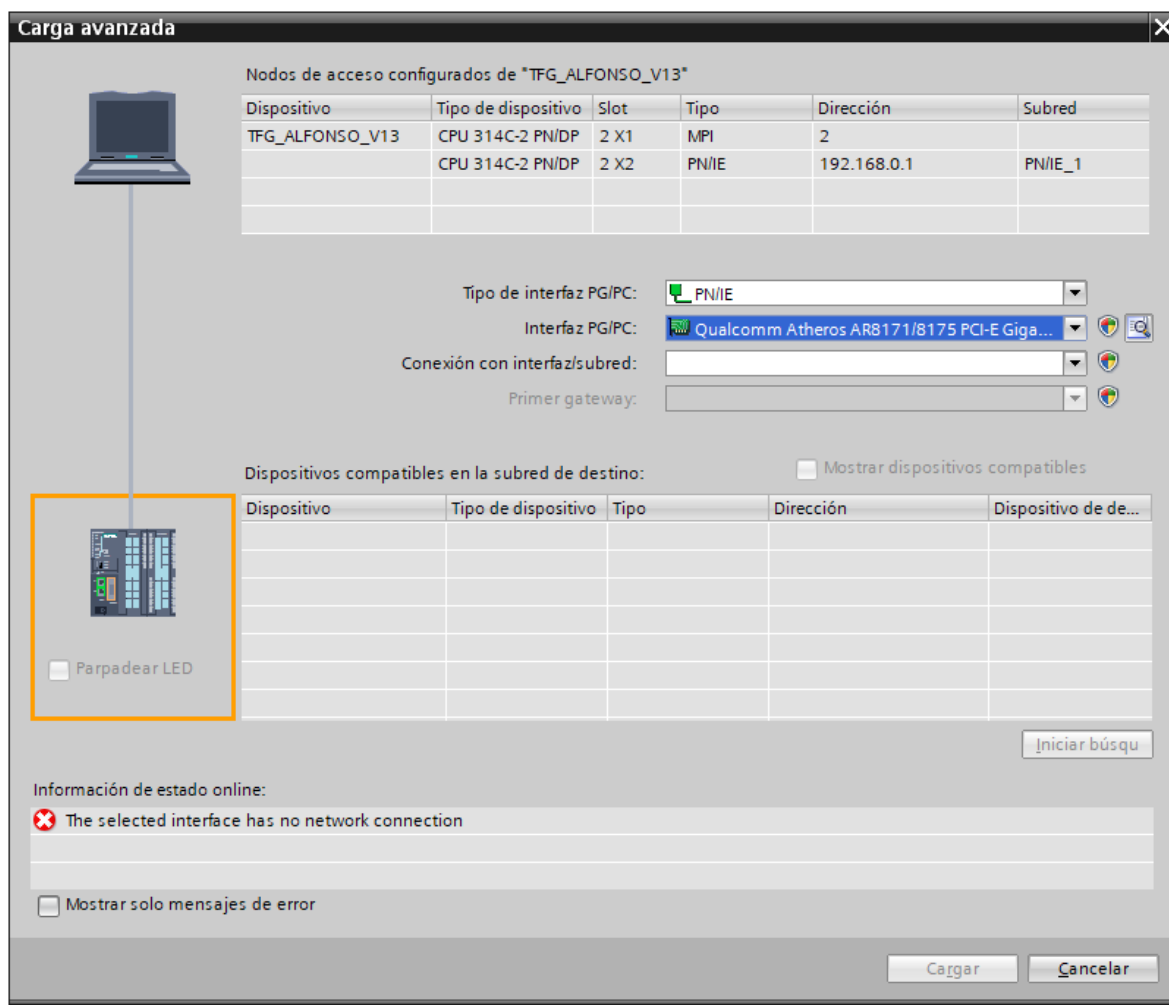


Figura 8.4. Proceso de carga

Una vez realizada la carga de programa, pulsamos sobre el icono que aparece en la Figura 6.28 donde vamos a crear nuestro Runtime, y este nos abrirá el sistema SCADA desde donde vamos a proceder a manejar todo el programa. Nos arrancará con la imagen inicial que se muestra en la Figura 8.6.



Figura 8.5. Runtime

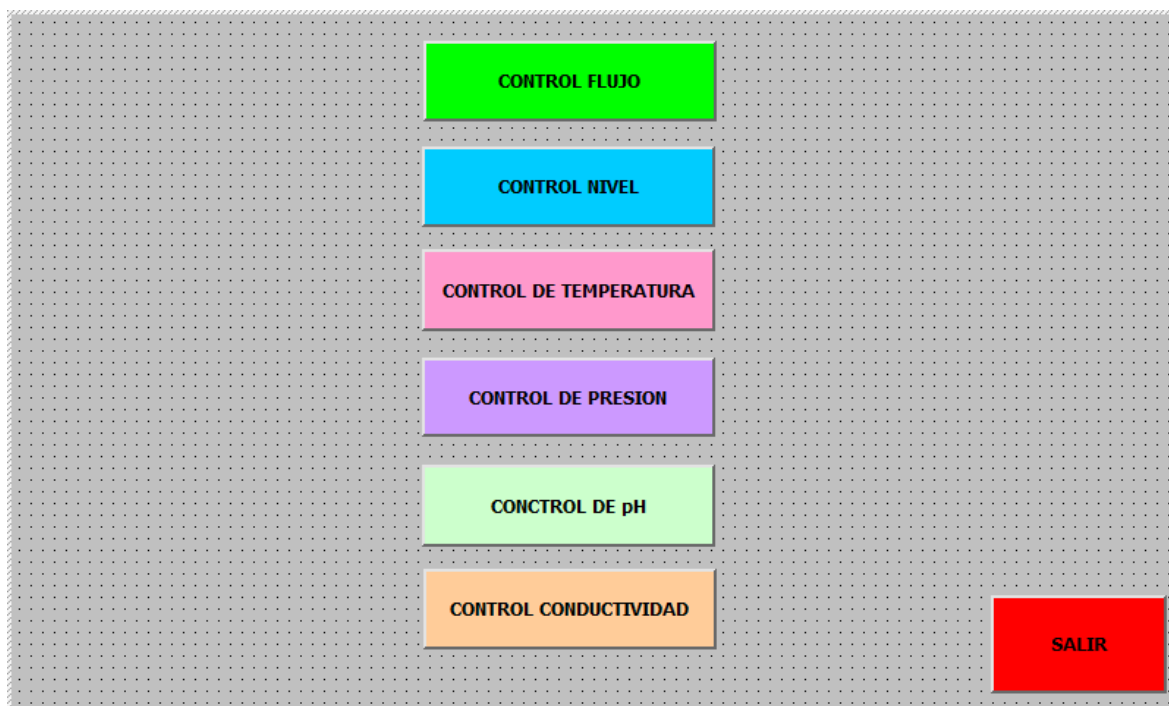


Figura 8.6. Visualización Runtime

9. CONCLUSIONES

Con este proyecto he aprendido y experimentado realmente como es el mundo de la automatización industrial, la cual creo desde mi punto de vista, que es el futuro de la Ingeniería Eléctrica.

He tenido la oportunidad de trabajar con casi todos los tipos de variables, que nos podemos encontrar en el mundo real.

Es un proyecto bastante interesante desde el punto de vista práctico, porque en las asignaturas cursadas durante este período de estudios se enseña demasiada teoría y poca práctica.

He tenido que documentarme viendo videos y con ayuda de manuales y llamadas telefónicas a profesionales, te llena de satisfacción ver que el trabajo que has realizado realmente funciona y hace lo que realmente quieres que haga.

Hemos intentado solventar todos los problemas que nos han surgido algunas veces con éxito y en algunas ocasiones sin éxito hemos tenido que buscar otro tipo de soluciones, algunos de los problemas que nos hemos encontrado son rotura de una placa electrónica del control de la bomba, rotura de electroválvulas.

También han sido muchas tardes buscando soluciones, ya que hemos tenido que realizar varias simulaciones sobre la máquina hasta que esta ha entrado en funcionamiento.

Por último, me alegra que la programación realizada sirva para iniciar a otros alumnos en el mundo de la automatización industrial, así como del Grado de Ingeniería Eléctrica, como para los alumnos del Grado de Ingeniería Química los cuales podrán disfrutar de esta máquina para poder realizar los experimentos que precisen.

Debido a ello me ha despertado el interés por saber más sobre el mundo de la automatización industrial y seguiré formándome sobre este tema, ya que es un mundo muy amplio donde hay poca competencia, debido a la complejidad que el tema conlleva.

10. ANEXOS

En este apartado se adjuntan el resto de líneas de código de programación en lenguaje KOP a través del software TIA portal V13 de Siemens, así como los diferentes esquemas de la instalación:

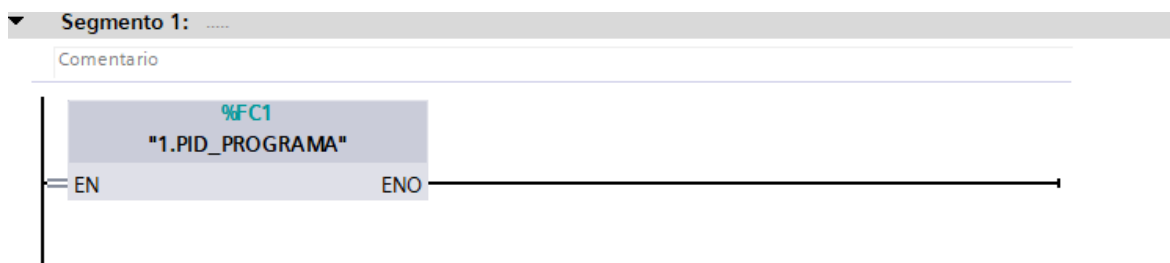


Figura 10.1. Llamada de programa

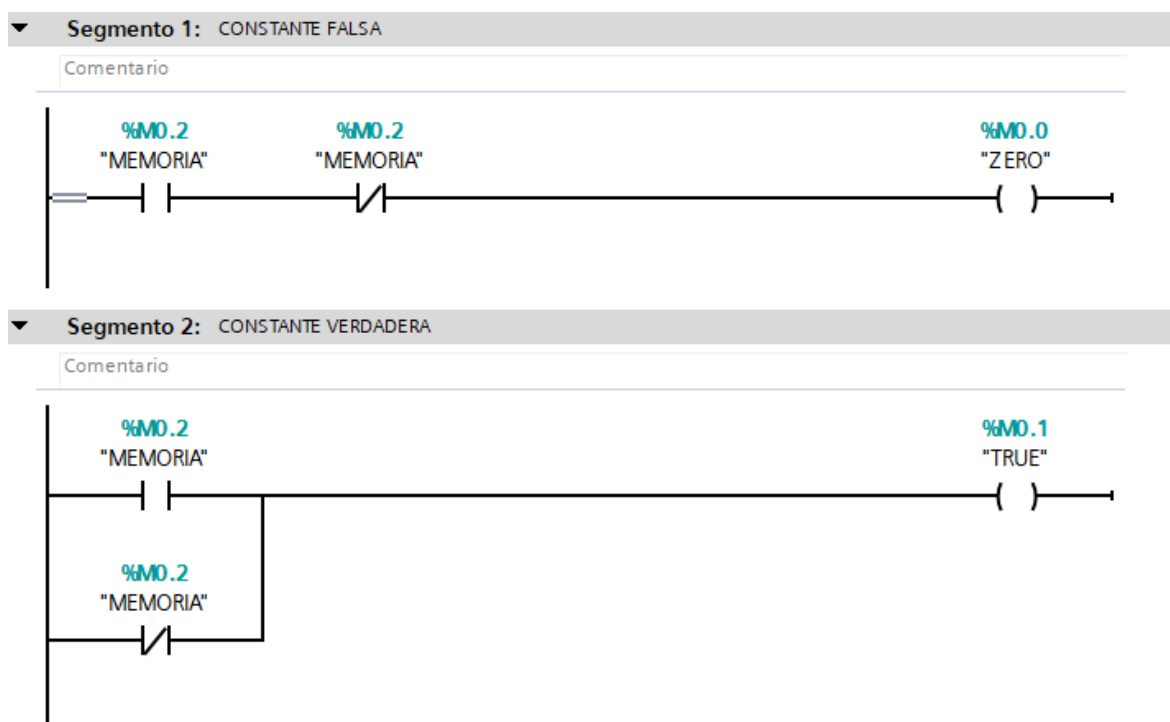


Figura 10.2. Constantes

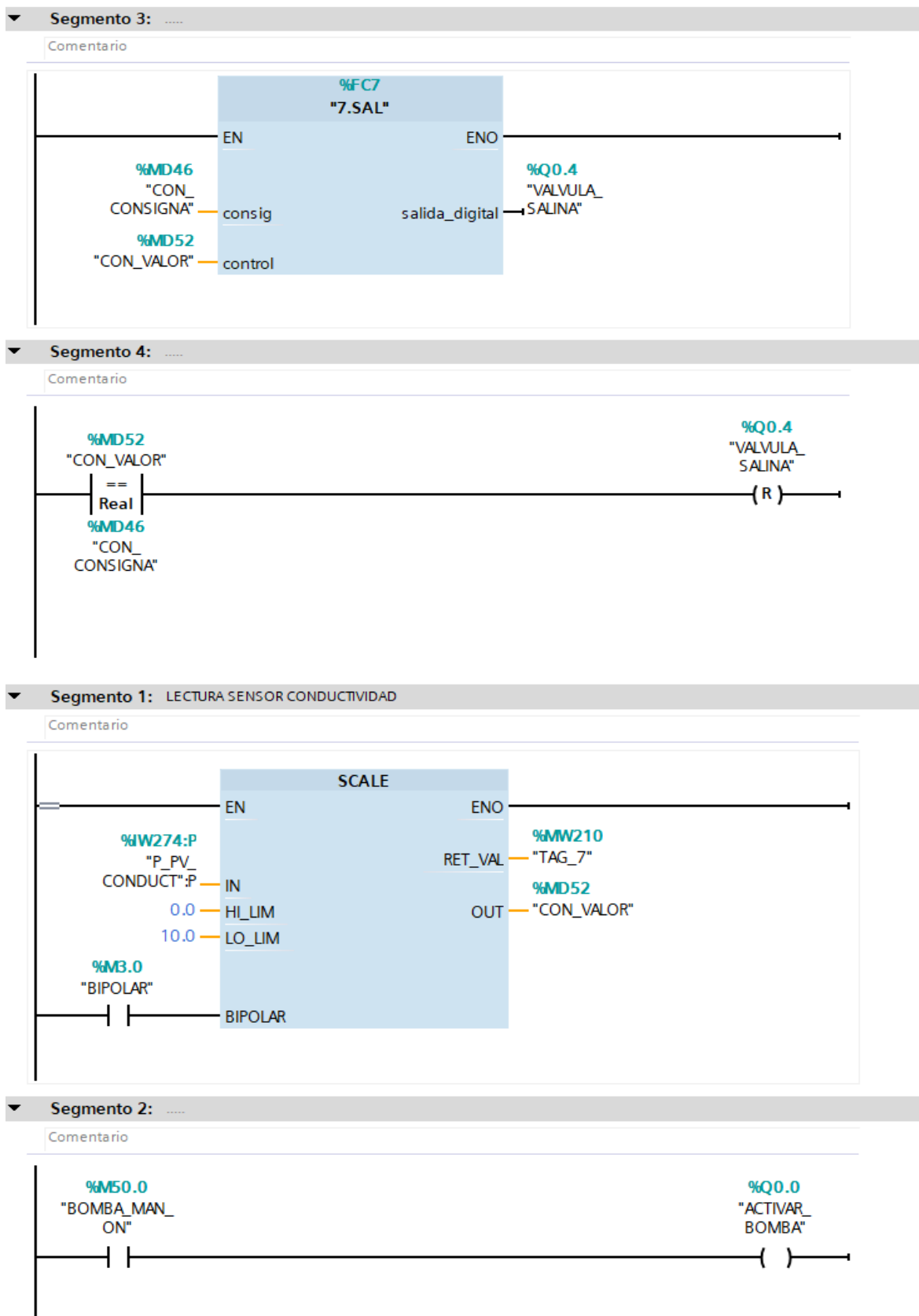
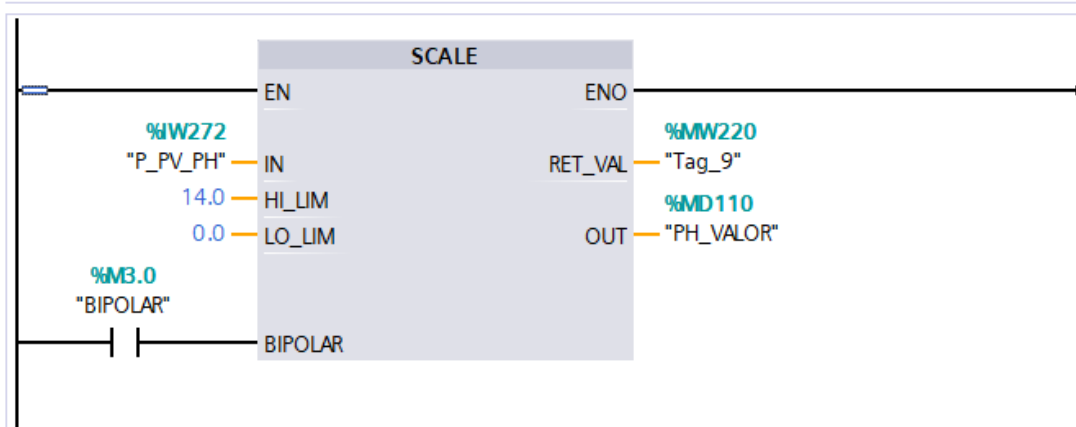


Figura 10.3. Conductividad

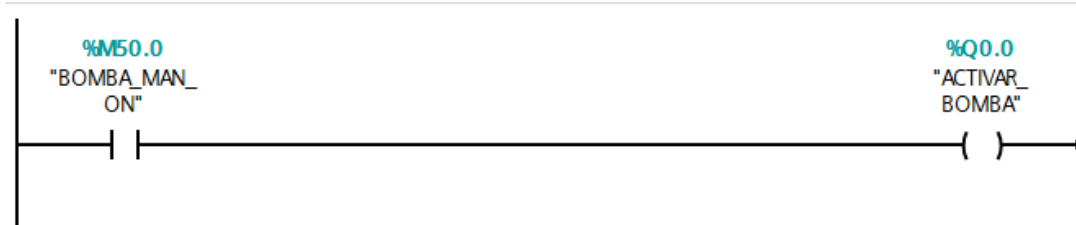
Segmento 1: SCALADO DE SEÑAL pH

Comentario

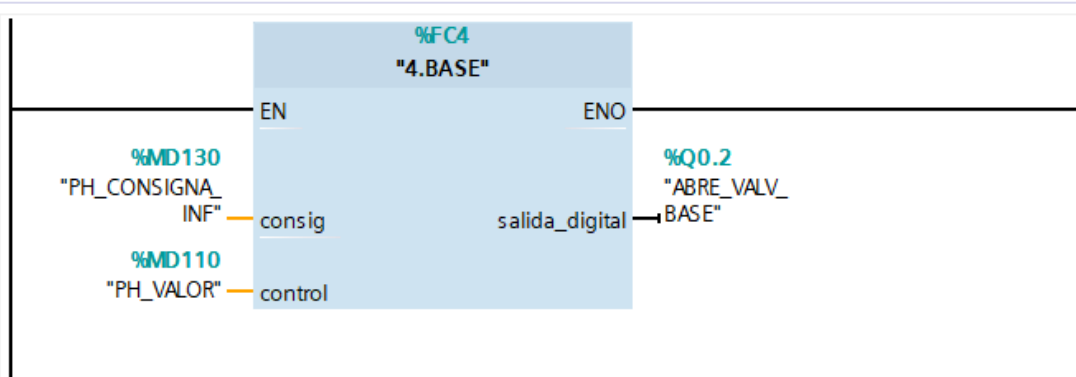


Segmento 2: ACTIVAR BOMBA MANUAL

Comentario

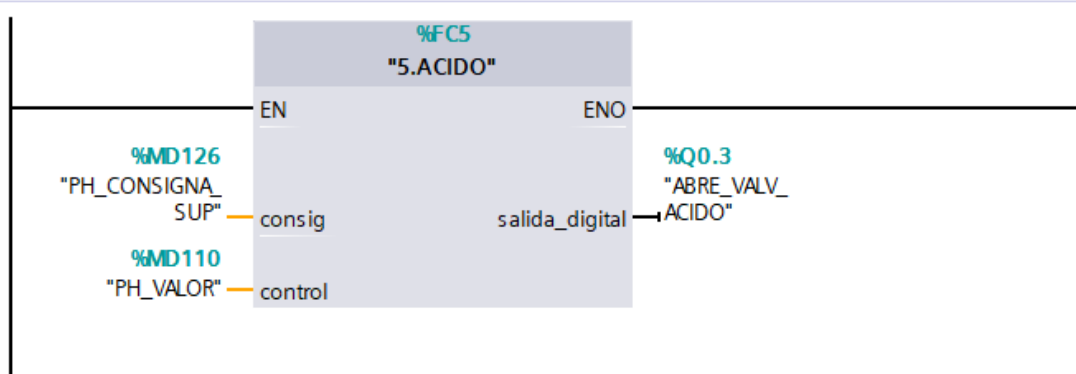


Comentario



Segmento 4:

Comentario



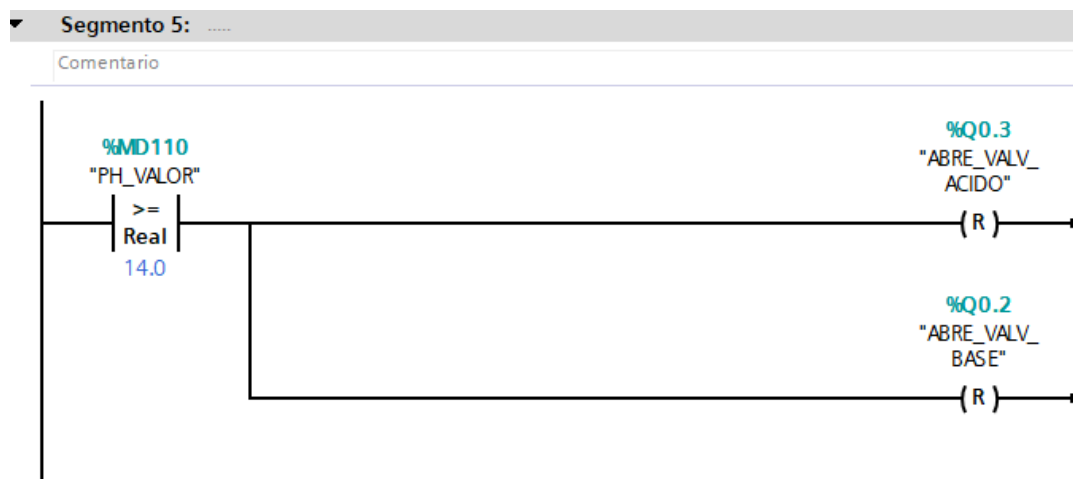


Figura 10.4. pH

muchas_sal							
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ..	Valor de a..
1	Input				☐	☐	☐
2	ent	Bool	0.0	false	☒	☒	☐
3	Output				☐	☐	☐
4	InOut				☐	☐	☐
5	sal	Bool	2.0	false	☒	☒	☐
6	Static				☐	☐	☐
7	tiempo1	S5Time	4.0	S5T#1s	☒	☒	☐
8	tiempo2	S5Time	6.0	S5T#3s	☒	☒	☐

Figura 10.5. Datos mucha sal

mucho_ph							
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ..	Valor de a..
1	Input				☐	☐	☐
2	ent	Bool	0.0	false	☒	☒	☐
3	Output				☐	☐	☐
4	InOut				☐	☐	☐
5	sal	Bool	2.0	false	☒	☒	☐
6	Static				☐	☐	☐
7	tiempo1	S5Time	4.0	S5T#500ms	☒	☒	☐
8	tiempo2	S5Time	6.0	S5T#4s	☒	☒	☐

Figura 10.6. Datos mucho pH

poca_sal							
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ..	Valor de a..
1	▼ Input				☐	☐	☐
2	■ ent	Bool	0.0	false	☒	☒	☐
3	Output				☐	☐	☐
4	▼ InOut				☐	☐	☐
5	■ sal	Bool	2.0	false	☒	☒	☐
6	▼ Static				☐	☐	☐
7	■ tiempo1	S5Time	4.0	S5T#0.25s	☒	☒	☐
8	■ tiempo2	S5Time	6.0	S5T#3s	☒	☒	☐

Figura 10.7. Datos poca sal

poco_ph							
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ..	Valor de a..
1	▼ Input				☐	☐	☐
2	■ ent	Bool	0.0	false	☒	☒	☐
3	Output				☐	☐	☐
4	▼ InOut				☐	☐	☐
5	■ sal	Bool	2.0	false	☒	☒	☐
6	▼ Static				☐	☐	☐
7	■ tiempo1	S5Time	4.0	S5T#250ms	☒	☒	☐
8	■ tiempo2	S5Time	6.0	S5T#5s	☒	☒	☐

Figura 10.8. Datos poco pH

TEMP_CONTR_ON_OFF								
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
1	▼ Input				☐	☐	☐	
2	■ PV	Int	0.0	0	☒	☒	☐	PROCESS VALUE FROM AI-INPUT
3	■ SP	Real	2.0	0.0	☒	☒	☐	SETPOINT IN %
4	■ HYS	Real	6.0	0.0	☒	☒	☐	HYSTERESIS IN %
5	■ MAN	Bool	10.0	false	☒	☒	☐	MANUAL ENABLE
6	■ Y_MAN	Bool	10.1	false	☒	☒	☐	MANUAL MANIPULATED VARIABLE
7	▼ Output				☐	☐	☐	
8	■ Y	Bool	12.0	false	☒	☒	☐	OUTPUT
9	■ Y_PER	Real	14.0	0.0	☒	☒	☐	OUTPUT% for Plotting
10	■ PV_PERC	Real	18.0	0.0	☒	☒	☐	PROCESS VALUE IN %
11	■ ERROR	Real	22.0	0.0	☒	☒	☐	CONTROL ERROR IN %
12	InOut				☐	☐	☐	
13	Static				☐	☐	☐	

Figura 10.9. Datos temperatura

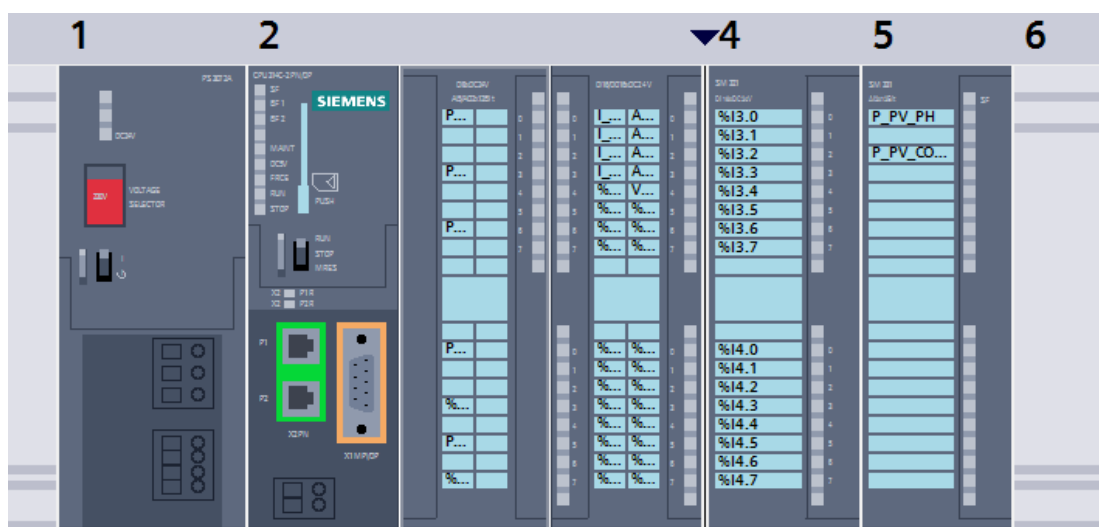


Figura 10.9. Visualización PLC

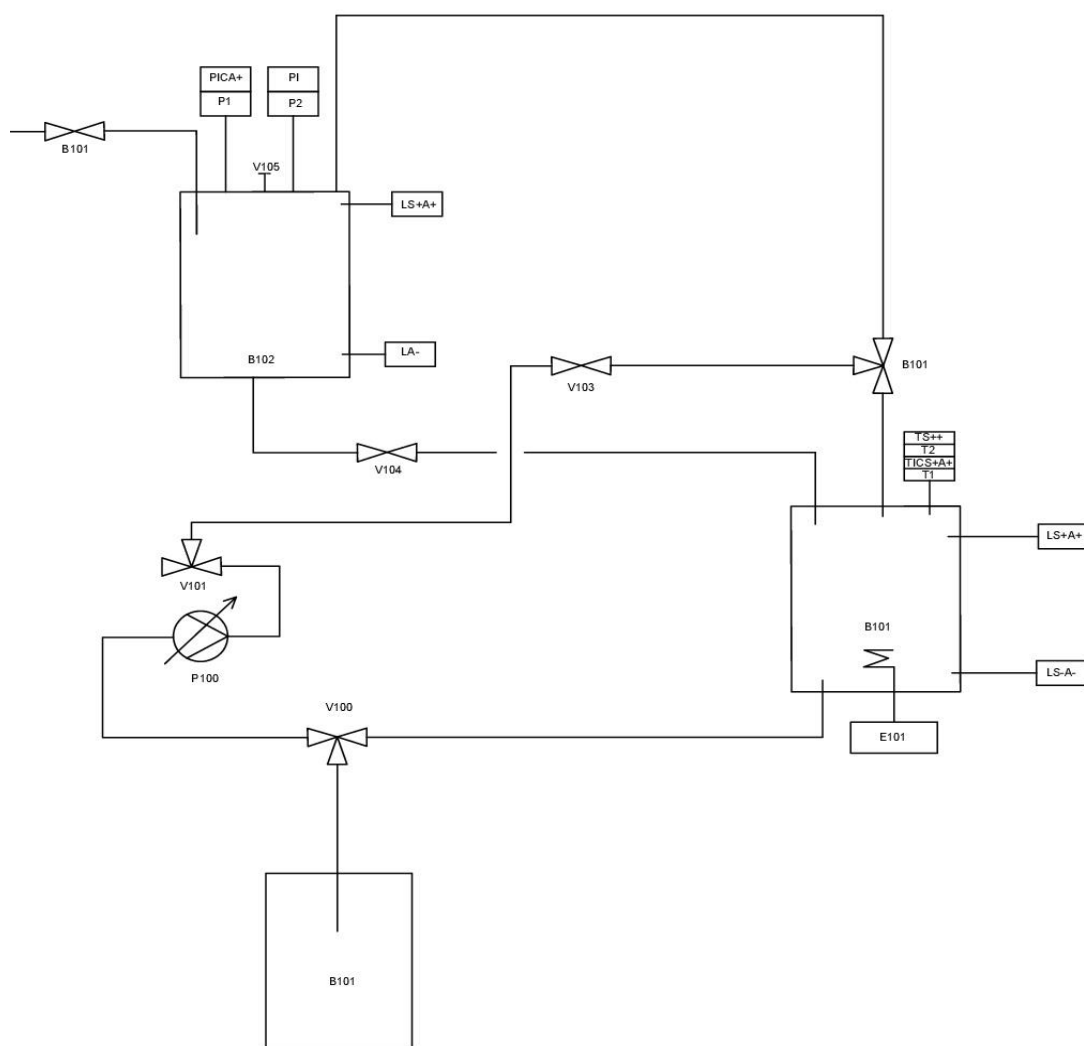


Figura 10.10. Esquema hidráulico

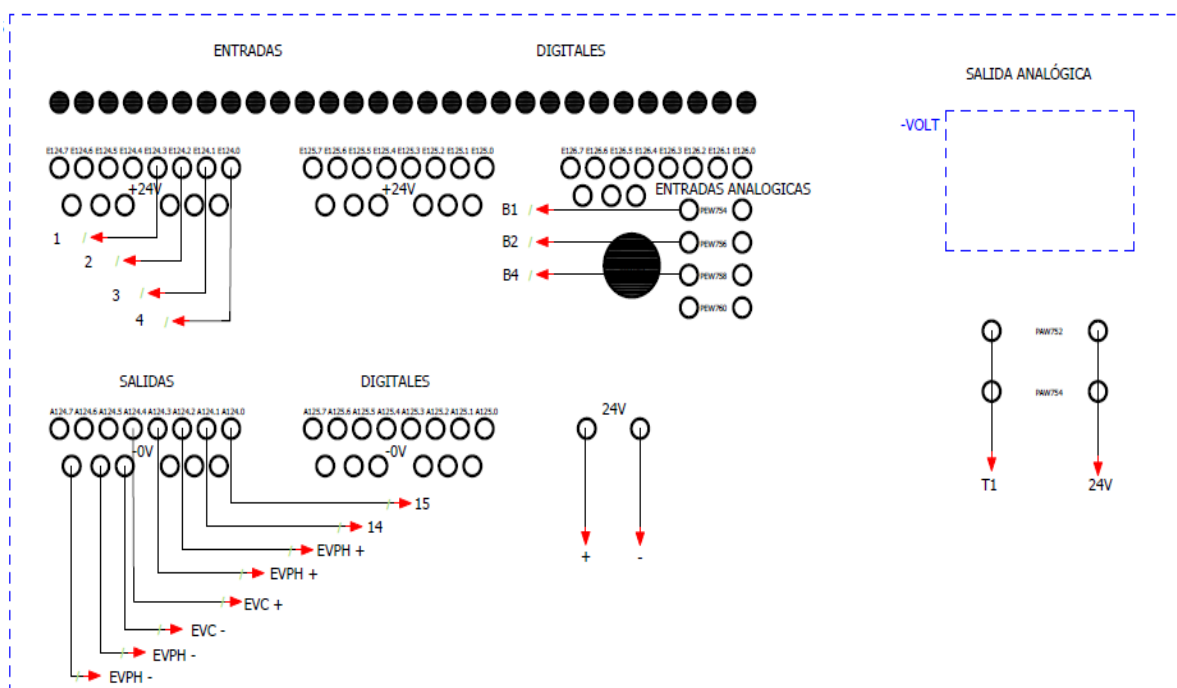


Figura 10.11. Panel conexiones(conexiones)

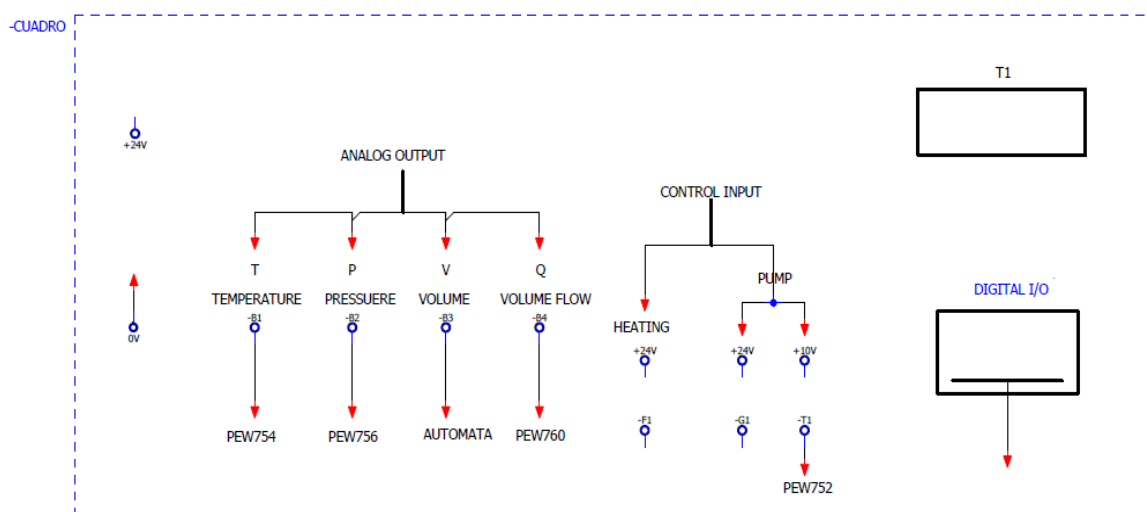


Figura 10.12. Cuadro(conexiones)

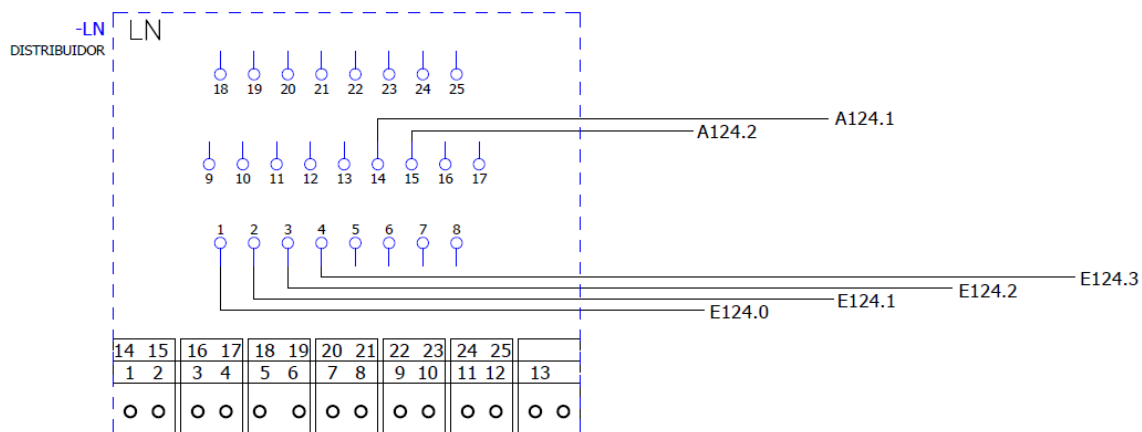


Figura 10.13. Distribuidor señales(conexiones)

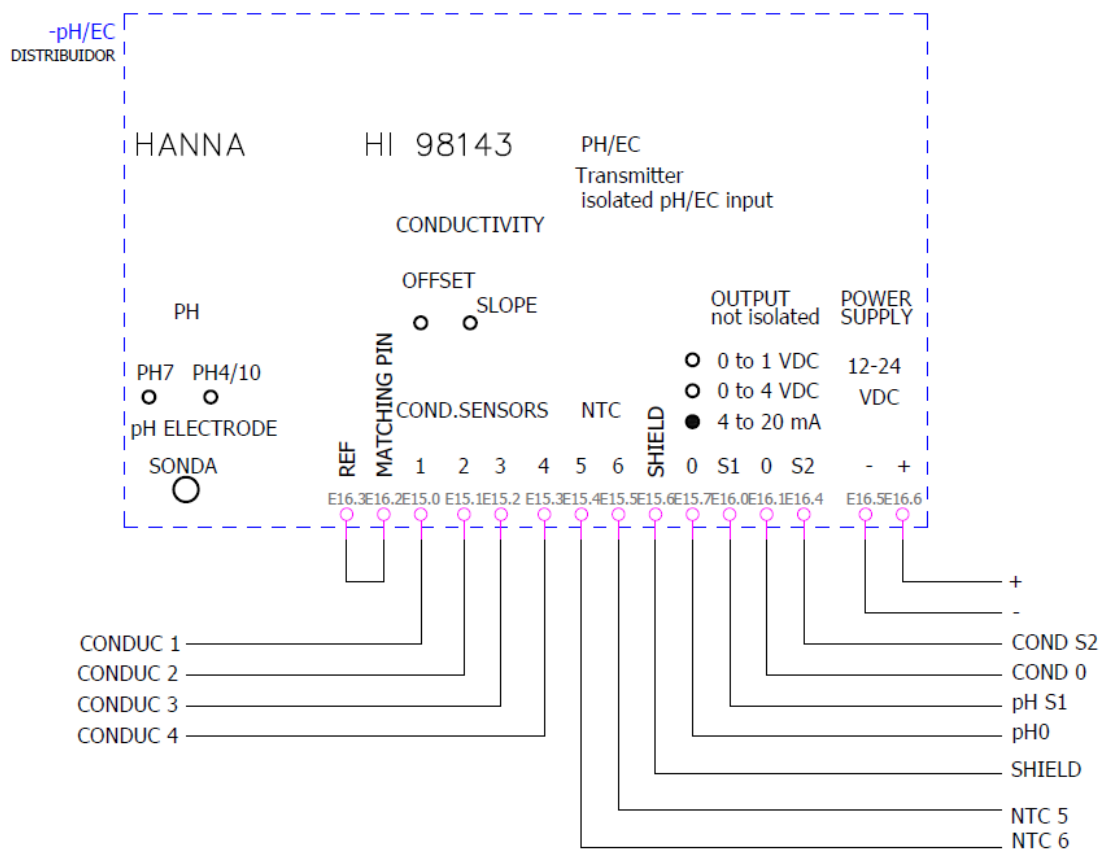


Figura 10.14. pH/cond (conexiones)

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Manual de referencia SIMATIC Esquema de contactos (KOP) para S7-300 y S7-400

Manual de referencia SIMATIC Esquema de contactos (AWL) para S7-300 y S7-400

Manual de funciones SIMATIC Regulación PID

<https://www.youtube.com/watch?v=IsOqfxpJ8A>

<https://www.youtube.com/watch?v=QntCXIlzgUU>

<https://www.youtube.com/watch?v=kJDLsrsifCg>

<https://www.youtube.com/watch?v=afPqzxrLTgE>

<https://www.youtube.com/watch?v=anV3kaHXAkA>

<https://es.slideshare.net/antoniohuescar18/tia-portal>

<https://programacionsiemens.com/variables-en-step-7-marcas-db/>

<https://programacionsiemens.com/ob82-en-tia-portal/>

<https://programacionsiemens.com/direccionamiento-simbolico-en-tia-portal/>

<https://www.youtube.com/watch?v=dPSI0QE3LJM>

<https://www.youtube.com/watch?v=KdOPIT8hFys>

http://www.infopl.net/files/descargas/siemens/infoPLC_net_Escalado_S7-200.pdf

https://www.youtube.com/watch?v=KuB0ANK_tAU

https://www.youtube.com/watch?v=pWLqUD2g_Po

<https://www.youtube.com/watch?v=KdOPIT8hFys>

<https://www.youtube.com/watch?v=tEkQCbV4RC0>

<https://programacionsiemens.com/escalado-de-una-senal-analogica-en-tia-portal/>