



SynPhos

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FOSGENO

PROYECTO DE FIN DE GRADO

INGENIERÍA QUÍMICA

Jaume Beà Galvez
Héctor Cazorla Orpí
Carles Lapeña March
Ainara López Agudo
Germán Vegas Montoya

TUTOR:
Oscar Guerrero Sodric

Febrero 2025



SynPhos

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FOSGENO

PROYECTO DE FIN DE GRADO

INGENIERÍA QUÍMICA

CAPÍTULO 3: CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

Índice

3. Control e instrumentación.....	3
3.1. Introducción	3
3.2. Conceptos generales y definiciones básicas	3
3.3. Señales e instrumentos del sistema de control	4
3.4. Tipos de lazos de control	5
3.4.1. Control de lazo abierto.....	5
3.4.2. Control de lazo cerrado.....	5
3.5. Elementos de un sistema de control	6
3.5.1. PLC	6
3.5.2. DCS.....	7
3.5.3. SCADA	7
3.5.4. Dimensionamiento del sistema de control.....	7
3.5.5. Especificaciones del PLC	14
3.5.5.1. Hoja de Especificaciones: Siemens SIMATIC S7-1500F	15
3.5.5.2. Especificaciones de los módulos y la tarjeta de adquisición de datos.....	16
3.6. Elementos de un lazo de control	21
3.6.1. Elementos primarios: Sensores.....	21
3.6.1.1 Sensores de temperatura.....	21
3.6.1.2 Sensores de presión	22
3.6.1.3 Caudalímetros	22
3.6.1.4 Sensores de concentración de gases	23
3.6.1.5 Sensores de nivel	23
3.6.2. Elementos finales de control	23
3.6.3. Hojas de especificaciones de los instrumentos	24
3.7. Nomenclatura y simbología del control de planta	29
3.7.1. Simbología y ubicación de los instrumentos	29
3.7.2. Nomenclatura de los instrumentos	29
3.7.3. Nomenclatura y simbología de señales y conexiones	30
3.7.4. Nomenclatura de los lazos de control.....	31
3.8. Listados de lazos de control	31

3.8.1 Área 100:	32
3.9.2. Área 200	35
3.9.3 Área 300	37
3.9. Listados de instrumentos en planta	39
3.10. Descripción y detalle de los lazos de control	44
3.10.1. Control de temperatura.....	44
3.10.2. Control de presión	51
3.10.3 Control de caudal	55
3.10.4 Control de concentraciones de gas	71
3.10.5 Control de nivel.....	73
3.11. Bibliografía.....	81

3. Control e instrumentación

3.1. Introducción

En una planta química de producción de fosgeno, el control desempeña un papel crítico para garantizar tanto la calidad del producto como la seguridad del proceso. Las variables clave como temperatura, presión, caudal y concentración deben mantenerse dentro de límites estrictos, ya que cualquier desviación puede tener consecuencias significativas para la estabilidad del sistema y la seguridad del personal.

Dado que el proceso opera de manera continua y enfrenta perturbaciones externas inevitables, como fluctuaciones en las condiciones de entrada o fallos en los equipos, resulta esencial disponer de un sistema de control robusto. Este sistema permite supervisar, ajustar y mantener las variables del proceso en valores óptimos, incluso ante condiciones adversas, asegurando así el funcionamiento seguro y eficiente de la planta.

3.2. Conceptos generales y definiciones básicas

El sistema de control está compuesto por una serie de instrumentos, dispositivos y algoritmos que trabajan de manera coordinada. Desde sensores que miden las variables del proceso hasta controladores que ajustan automáticamente las condiciones del sistema, cada componente juega un papel crucial. Además, herramientas avanzadas como PLC, DCS y SCADA permiten una gestión integral del proceso, combinando la automatización con la supervisión en tiempo real. En este capítulo, se abordarán los principios fundamentales del control e instrumentación en una planta de producción de fosgeno. Se explicarán conceptos básicos como las variables controladas y manipuladas, los tipos de controladores (P, PI, PID), y los elementos del sistema de control, incluyendo sus características y funciones. También se analizarán las especificaciones de los instrumentos utilizados, así como su integración para garantizar un control óptimo del proceso.

Este enfoque integral no solo asegura que las operaciones se realicen dentro de los márgenes deseados, sino que también minimiza riesgos, protege a los empleados y mejora la eficiencia operativa, factores esenciales en la producción de un compuesto químico altamente reactivo como el fosgeno. Por ello a continuación se describen los conceptos generales sobre este apartado:

- **Set point (punto de consigna):** Es el valor objetivo en el que se desea mantener una variable del proceso, como la presión o la temperatura.
- **Variable medida:** Es la magnitud física del proceso que se monitoriza, como el caudal o la concentración de reactivos.
- **Variable manipulada:** Es la variable ajustada activamente para influir en la variable medida y mantenerla en el set point, como la posición de una válvula o la potencia de un intercambiador.
- **Error:** Es la diferencia entre el set point y la variable medida. Este valor se utiliza para determinar las acciones correctivas en el sistema.

- **Controlador:** Es el dispositivo que interpreta el error y toma decisiones para ajustar la variable manipulada mediante un algoritmo de control (P, PI o PID).
- **Elemento final de control:** Es el componente que actúa directamente sobre el sistema, como una válvula de control o una bomba, para implementar las acciones determinadas por el controlador.
- **Perturbación:** Es cualquier factor externo o interno que afecta las condiciones del proceso, como variaciones en las materias primas o fallos en los equipos.

3.3. Señales e instrumentos del sistema de control

En un sistema de control, las señales y los instrumentos son los elementos fundamentales para supervisar y ajustar las variables del proceso. A continuación, se explican brevemente los tipos de señales que puede haber en un sistema de control y sus instrumentos:

- **Tipos de señales**
 - **Señales digitales:** Representan estados binarios (0 o 1) y se utilizan en operaciones de tipo ON/OFF. Son robustas y fiables, ideales para acciones simples como el encendido o apagado de equipos.
 - **Señales analógicas:** Representan un rango continuo de valores (por ejemplo, 4-20 mA o 0-10 V). Se emplean para transmitir información precisa sobre variables como temperatura, presión o caudal, permitiendo un control más refinado.
- **Instrumentos del sistema de control**
 - **Sensores:** Miden directamente las variables del proceso, como termopares para temperatura, manómetros para presión o medidores de flujo para caudal. Proporcionan datos esenciales para la supervisión del proceso.
 - **Transductores:** Convierten las señales físicas de los sensores (como presión o temperatura) en señales eléctricas o digitales que puedan ser interpretadas por el sistema, por ejemplo, un transductor de presión convierte la lectura en una señal de 4-20 mA.
 - **Controladores:** Reciben las señales de los sensores y las comparan con el set point. Ejecutan acciones correctivas basándose en algoritmos como P, PI o PID para ajustar la variable manipulada.
 - **Elementos finales de control:** Son dispositivos que actúan físicamente sobre el sistema para implementar las correcciones necesarias, por ejemplo, válvulas de control, bombas y actuadores eléctricos o neumáticos.
 - **Alarms y sistemas de seguridad:** Detectan condiciones anómalas en las variables del proceso y alertan a los operadores. Pueden activar mecanismos de emergencia como apagados automáticos o ventilación en caso de niveles peligrosos de fosgeno.

3.4. Tipos de lazos de control

Existen dos tipos principales: lazos de control abierto y lazos de control cerrado. La elección de uno u otro depende de la complejidad del proceso y del nivel de precisión requerido.

3.4.1. Control de lazo abierto

Un lazo abierto opera sin retroalimentación. Las acciones de control se ejecutan sin medir ni ajustar en función del resultado. Es un sistema más simple y económico, pero menos preciso, ya que no responde a perturbaciones o cambios en el proceso.

3.4.2. Control de lazo cerrado

En un lazo cerrado, el sistema mide constantemente la variable de interés y compara su valor con el set point. Si hay una diferencia (error), se generan acciones correctivas automáticamente. Este sistema es más complejo, pero garantiza mayor precisión y estabilidad.

Tabla 3.1: Tabla comparativa de los tipos de lazos de control

Características	Lazo Abierto	Lazo Cerrado
Retroalimentación	No tiene retroalimentación.	Tiene retroalimentación constante.
Precisión	Menor precisión.	Alta precisión en el control.
Respuesta a perturbaciones	No responde a cambios o perturbaciones.	Corrige automáticamente las perturbaciones.
Complejidad	Más simple y fácil de implementar.	Más complejo, requiere sensores y controladores.
Costo	Menor costo inicial.	Mayor costo debido a su complejidad.
Ejemplo típico	Encender una luz con un interruptor manual.	Controlar la velocidad de un motor con un sensor de RPM.

Tabla 3.2: Tabla comparativa de los tipos de lazos cerrados de control

Tipo de lazo de control cerrado	Descripción	Ventajas	Desventajas	Ejemplo típico
Feedback (retroalimentación)	Corrige las desviaciones midiendo la variable controlada y ajustando en función del error.	Alta precisión y corrección constante.	No anticipa perturbaciones, solo las corrige.	Control de temperatura mediante un sensor de temperatura.
Feedforward (acción anticipada)	Actúa anticipándose a los cambios antes de que afecten la variable controlada.	Previene perturbaciones antes de que ocurran.	Requiere conocer todas las perturbaciones de antemano.	Ajustar el flujo de un reactivo según variaciones esperadas de presión.
Control todo o nada	Sistema binario que opera en modo ON/OFF sin ajustes intermedios.	Simplicidad y facilidad de implementación.	Menor precisión, con posibles fluctuaciones.	Termostato para encender o apagar un calefactor.
Cascada	Emplea un controlador primario que ajusta el set point de un controlador secundario.	Mejora la precisión en procesos complejos.	Mayor complejidad y costo de implementación.	Control de nivel ajustando la entrada de flujo con control de caudal.
Split range (rango dividido)	Divide una acción de control entre varios elementos en diferentes rangos de operación.	Optimiza el uso de múltiples elementos de control.	Requiere calibración precisa para evitar conflictos.	División del flujo de aire entre dos compresores.
Override (por anulación)	Selecciona el controlador con mayor prioridad para evitar situaciones críticas.	Garantiza la seguridad del sistema en situaciones críticas.	Puede sacrificar el rendimiento de otras variables menos críticas.	Evitar sobrepresión en un reactor seleccionando el controlador prioritario.

3.5. Elementos de un sistema de control

Los sistemas de control son fundamentales en la operación segura y eficiente de una planta de producción. Están compuestos por dispositivos que permiten la automatización, supervisión y regulación de los procesos, entre los componentes principales se incluyen PLC, DCS, y SCADA, que trabajan en conjunto para optimizar el control y garantizar la seguridad operativa.

3.5.1. PLC

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico diseñado para realizar funciones de control mediante un conjunto de programas lógicos. Es altamente versátil y se emplea para automatizar procesos individuales en la planta, como el control de válvulas, bombas, o sistemas de alarmas. Los PLC destacan por su alta velocidad de respuesta y su capacidad para operar en entornos industriales hostiles. A demás existen dispositivos PLC específicamente diseñados para zonas ATEX, hecho que supone una ventaja en términos de seguridad en esta planta.

3.5.2. DCS

El DCS (Sistema de Control Distribuido) es una plataforma de automatización que permite el control integrado de múltiples procesos en la planta. Su estructura distribuida mejora la flexibilidad y la redundancia del sistema, lo que resulta esencial en plantas complejas como la de fosgeno, este permite el monitoreo centralizado y la supervisión en tiempo real, mejorando la toma de decisiones.

3.5.3. SCADA

El SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un sistema informático que supervisa y controla procesos industriales mediante interfaces gráficas y recopilación de datos. Es esencial en la planta para registrar variables críticas como la presión y la temperatura, generar reportes históricos y permitir intervenciones manuales si es necesario. Se compone de unidades remotas (RTU), controladores lógicos programables (PLC), una estación maestra o servidor, interfaces hombre-máquina (HMI) y redes de comunicación.

Los puntos fuertes del SCADA incluyen la supervisión y control remoto en tiempo real, generación de alarmas automáticas, análisis de datos históricos, escalabilidad, flexibilidad e interconectividad con otros sistemas. Este sistema es clave para monitorear reactores, supervisar equipos críticos, gestionar alarmas y optimizar la seguridad y eficiencia del proceso.

3.5.4. Dimensionamiento del sistema de control

El dimensionamiento del sistema de control es un proceso crítico para garantizar que los sistemas de control automático de la planta química, como PLC, DCS y SCADA, sean capaces de gestionar eficazmente todos los aspectos operativos del proceso. Este paso implica una planificación detallada que considera las necesidades actuales y futuras de la planta.

- **Aspectos Clave en el Dimensionamiento**

- Cantidad de Entradas y Salidas (E/S): Se evalúa el número total de señales que deben gestionarse, tanto digitales (como sensores de estado ON/OFF) como analógicas (como transmisores de presión, temperatura o caudal). Esto incluye entradas (datos recibidos desde sensores) y salidas (control sobre actuadores, válvulas o motores).
- Capacidad de Procesamiento: Determinar la capacidad de procesamiento necesaria en el PLC o DCS, teniendo en cuenta:
 - Velocidad de respuesta: Procesos con tiempos de respuesta rápidos, como control de flujo, requieren controladores con alta capacidad de procesamiento.
 - Cantidad de lazos de control: Cada lazo de control agrega carga de procesamiento al sistema.
 - Sistemas de backup o redundancia: Para garantizar la continuidad del control en caso de fallas.
- Requerimientos de Comunicación: Selección de protocolos de comunicación industrial adecuados (Modbus, Profibus, OPC UA, Ethernet/IP) para conectar PLC, DCS

y SCADA, y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real y garantizar la integración de equipos heterogéneos.

- Integración con Sistemas SCADA: Garantizar que el sistema dimensionado pueda gestionar la supervisión y adquisición de datos, incluyendo:
 - Transmisión en tiempo real de variables críticas.
 - Generación de alarmas y eventos.
 - Capacidad de almacenamiento histórico.
- Requisitos de Redundancia: Implementación de arquitecturas redundantes en los controladores y redes para asegurar la continuidad operativa, especialmente en procesos de alto riesgo como la producción de fosgeno.
- Crecimiento Futuro: Diseño del sistema con capacidad escalable para incorporar nuevos sensores, lazos de control o equipos adicionales sin comprometer el rendimiento.
- Cumplimiento de Normativas: Asegurarse de que el sistema dimensionado cumple con normativas de seguridad y estándares específicos, como los aplicables a zonas ATEX o entornos de riesgo.

Para el diseño del sistema de control de la planta de SynPhos lo principal es saber cuántas señales de entrada y salida hay, para eso hay que distinguir entre los siguientes tipos de entrada:

- Entradas digitales: ED
- Salidas digitales: SD
- Entradas analógicas: EA
- Salidas analógicas: SA

Tabla 3.3: Tipo de señales por instrumento

Instrumento	ED	SD	EA	SA
Válvula de control	2			1
Válvula control (tres vías)	2	1		
Válvula ON/OFF	2	1		
Transmisor			1	
Alarma		1		
Variador de frecuencia		1		1
Interruptor	1			

Teniendo en cuenta estas distribuciones de entradas y salidas, a continuación, se presenta una tabla donde se recopilan las entradas y sus tipos por área en la planta por instrumento:

Tabla 3.4: Tipo de señales por instrumento en el área 100

Elemento	Código	Listado de los instrumentos y sus señales			
		A100	Ubicación	Fecha	
			Polígono 'Satèl·lits', Tarragona	29/01/2025	
Transmisores de temperatura (TT)	1001	1			
	1002	1			
	1003	1			
	1004	1			
	1005	1			
	1006	1			
	1007	1			
	1008	1			
	1009	1			
	1010	1			
Transmisores de presión (TP)	1001	1			
	1002	1			
	1003	1			
	1004	1			
Caudalímetros (FT)	1001	1			
	1002	1			
	1003	1			
	1004	1			
	1005	1			
	1006	1			
	1007	1			
	1008	1			
	1009	1			
	1010	1			
	1011	1			
	1012	1			
	1013	1			
	1014	1			
	1015	1			
	1016	1			
Variadores de frecuencia (SC)	101				1

Elemento	Código	Tipo de señal			
		EA	SA	ED	SD
Variadores de frecuencia (SC)	102				1
	103				1
	104				1
	105				1
	106				1
Válvulas de control de caudal (FCV)	101		1	2	
	102		1	2	
	103		1	2	
	104		1	2	
	105		1	2	
	106		1	2	
	107		1	2	
	108		1	2	
	111		1	2	
	112		1	2	
	113		1	2	
	114		1	2	
	101		1	2	
	102		1	2	
Válvulas de control de presión (PCV)	103		1	2	
	104		1	2	
Válvulas de control de temperatura (TCV)	103		1	2	
	104		1	2	
	101		1	2	
	102		1	2	
TOTAL		30	22	44	6
		EA	SA	ED	SD

Tabla 3.5: Tipo de señales por instrumento en el área 200

 <p>SynPhos</p>		Listado de los instrumentos y sus señales			
		A200	Ubicación	Fecha	
			Polígono 'Satèl-lits', Tarragona	29/01/2025	
Elemento	Código	Tipo de señal			
		EA	SA	ED	SD
Transmisores de temperatura (TT)	2001	1			
	2002	1			
	2003	1			
	2004	1			
	2005	1			
	2006	1			
Transmisores de presión (TP)	2001	1			
	2002	1			
	2003	1			
	2004	1			
Caudalímetros (FT)	2001	1			
	2002	1			
Variadores de frecuencia (SC)	201		1		
	202		1		
	203		1		
	204		1		
Pulsadores manuales (HS)	201			1	
	202			1	
Válvulas de control de temperatura (TCV)	201		1	2	
	202		1	2	
	203		1	2	
	204		1	2	
TOTAL		12	8	10	0
		EA	SA	ED	SD

Tabla 3.6: Tipo de señales por instrumento en el área 300

Elemento	Código	Listado de los instrumentos y sus señales			
		Ubicación		Fecha	
		Polígono 'Satèl-lits', Tarragona	29/01/2025	EA	SA
Transmisores de temperatura (TT)	3001	1			
	3002	1			
	3003	1			
	3004	1			
	3005	1			
	3006	1			
Transmisores de presión (PT)	3001	1			
	3002	1			
Caudalímetros (FT)	3001	1			
	3002	1			
	3003	1			
	3004	1			
	3005	1			
	3006	1			
	3007	1			
	3008	1			
	3009	1			
	3010	1			
Transmisores de nivel (LT)	3001	1			
	3002	1			
	3003	1			
	3004	1			
	3005	1			
	3006	1			
	3007	1			
	3008	1			
	3009	1			
	3010	1			
	3011	1			
	3012	1			
	3013	1			
	3014	1			
Transmisor de concentración de gases (CT)	3001	1			

Elemento	Código	Tipo de señal			
		EA	SA	ED	SD
Transmisor de concentración de gases (CT)	3002	1			
	3003	1			
	3004	1			
Variador de frecuencia (SC)	301				1
	302				1
	305				1
	306				1
	307		1		
	308		1		
	309		1		
	310		1		
	301			1	
Pulsadores manuales (HS)	302			1	
	303			1	
	304			1	
	307			1	
	308			1	
	311			1	
	312			1	
	313			1	
	314			1	
	315			1	
	316			1	
	317			1	
	318			1	
	301		1	2	
Válvulas controladoras de caudal (FCV)	302		1	2	
	303		1	2	
	304		1	2	
	305		1	2	
	306		1	2	
	307		1	2	
	308		1	2	
	309		1	2	
	310		1	2	
	311		1	2	
	312		1	2	
	313		1	2	
	314		1	2	

Elemento	Código	Tipo de señal			
		EA	SA	ED	SD
Válvulas controladoras de caudal (FCV)	315		1	2	
	316		1	2	
Válvulas controladoras de temperatura (TCV)	301		1	2	
	302		1	2	
Válvulas controladoras de nivel (LCV)	301		1	2	
	302		1	2	
	303		1	2	
	304		1	2	
	305		1	2	
	306		1	2	
	307		1	2	
	308		1	2	
	309		1	2	
	310		1	2	
TOTAL		36	32	70	4
		EA	SA	ED	SD

Tabla 3.7: Tipo de señales por área de la planta

Área	ED	SD	EA	SA
A-100	44	6	30	22
A-200	10	0	12	8
A-300	70	4	36	32

Según la tabla 3.7 tenemos un total de 124 entradas digitales (ED), 10 salidas digitales (SD), 78 entradas analógicas (EA) y 62 salidas analógicas. Estos datos son determinantes para determinar las características de los módulos y las tarjetas de adquisición de datos y PLC que se usarán en la planta.

3.5.5. Especificaciones del PLC

Las especificaciones del PLC dependen de los requerimientos del proceso. En una planta de fosgeno, deben incluir una alta capacidad de procesamiento, módulos redundantes para garantizar la seguridad, y protocolos de comunicación compatibles con otros sistemas (Modbus, Profibus, etc.). Además, deben ser resistentes a las condiciones químicas y térmicas de la planta.

Par esta planta se ha elegido el PLC serie SIMATIC S7-1500 ya está diseñado para trabajar con una alta densidad de señales de control, debido a su combinación de seguridad funcional, rendimiento, modularidad y certificación para áreas peligrosas.

3.5.5.1. Hoja de Especificaciones: Siemens SIMATIC S7-1500F

1. Generalidades

**Modelo: ** Siemens SIMATIC S7-1500F

**Aplicación: ** Sistemas de control para plantas industriales, incluyendo zonas clasificadas ATEX.

**Certificaciones: ** ATEX Zone 2, IEC 61508, IEC 61511, UL 508, SIL 3, PL e.

**Propósito: ** Control de procesos industriales con alta densidad de señales y requerimientos de seguridad funcional.

2. Especificaciones técnicas

2.1 CPU (Procesador)

- **Modelos disponibles:** CPUs 1511F, 1513F, 1515F, 1517F, 1518F.

- **Memoria de trabajo:** De 300 KB a 6 MB (según el modelo).

- **Tiempo de procesamiento:** Hasta 1 ns por instrucción.

- **Almacenamiento expandible:** Compatible con tarjetas SD y CFast.

2.2 Seguridad Funcional

- **Nivel de seguridad:** SIL 3 y PL e (según IEC 61508/ISO 13849).

- **Funciones de seguridad:** Monitoreo de emergencias, paradas seguras, detección de fallos.

2.3 Entradas y Salidas (E/S)

- **Tipo de E/S:** Digitales y analógicas, compatibles con zonas ATEX.

- **Capacidad de E/S:** Desde 32 hasta más de 10,000 canales (según configuración).

- **Señales ATEX:** Entradas digitales configurables para entornos intrínsecamente seguros.

2.4 Protocolos de Comunicación

- **Soporte de protocolos:** Profinet, Profibus, Modbus TCP, OPC UA, Ethernet/IP.

- **Conexión simultánea:** Hasta 32 dispositivos conectados por Profinet.

- **Redundancia:** Redundancia Profinet para sistemas críticos.

2.5 Pantalla Integrada

- **Características:** Panel HMI integrado para diagnóstico local, configuración y monitoreo.

2.6 Resiliencia Ambiental

- **Rango de temperaturas:** -25°C a +60°C.

- **Resistencia:** Diseñado para entornos agresivos y resistentes a vibraciones.

2.7 Diagnóstico Avanzado

- **Capacidades:** Identificación de fallos en tiempo real con capacidad para enviar alarmas al sistema SCADA o dispositivos móviles.

2.8 Redundancia y Tolerancia a Fallos

- **Configuración redundante:** CPUs y módulos de E/S redundantes disponibles para alta disponibilidad operativa.

3. Certificaciones

- **ATEX:** Certificación para zonas clasificadas (Zone 2).
- **Normativas:** IEC 61508, IEC 61511.
- **Estándares de seguridad:** UL 508.

4. Características Destacadas

1. **Seguridad:** Compatible con sistemas intrínsecamente seguros, ideal para zonas ATEX.
2. **Alto rendimiento:** Procesamiento rápido para aplicaciones industriales complejas.
3. **Escalabilidad:** Diseño modular para adaptarse a necesidades futuras.
4. **Confiabilidad:** Alta disponibilidad mediante redundancia.
5. **Conectividad:** Soporte para sistemas SCADA y DCS mediante protocolos estándares.

5. Aplicaciones Típicas

- Control de procesos químicos complejos.
- Integración en sistemas SCADA y DCS.
- Supervisión y control en plantas con zonas clasificadas ATEX.
- Automatización de procesos continuos con requisitos críticos de seguridad y disponibilidad.

Fabricante: Siemens AG

Modelo: SIMATIC S7-1500F

Más información: Siemens SIMATIC S7-1500F

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1500.html>

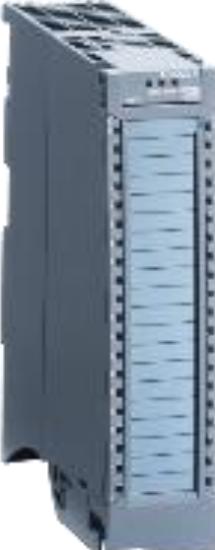
3.5.5.2. Especificaciones de módulos y tarjeta de adquisición de datos

Los módulos de E/S (entrada/salida) permiten la conexión de sensores y actuadores al PLC, transformando señales físicas (como temperatura, presión o estado de un interruptor) en datos digitales procesables y viceversa. Estos pueden ser digitales o analógicos, dependiendo de la naturaleza de la señal. Por otro lado, la tarjeta de adquisición de datos (DAQ, Data Acquisition Card) es un hardware especializado que amplía las capacidades del PLC al muestrear, convertir y procesar señales de múltiples fuentes analógicas y digitales con mayor precisión y velocidad. Su función es crucial en aplicaciones que requieren monitoreo y control de alta resolución, como sistemas SCADA o control avanzado de procesos.

A continuación, se mostrarán los módulos y sus hojas de especificaciones elegidas:

- Módulos digitales:
 - DI 32x24VDC HF:

Tabla 3.8: Especificaciones del módulo DI 32x24VDC HF

 <p>SynPhos</p>		Hoja de especificaciones del módulo de adquisición de datos				
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits-Tarragona <th>Fecha:</th>	Fecha:		
		Modelo:	DI 32x24VDC HF	Referencia:		
Descripción:	Módulo de entradas digitales de alta densidad diseñado para el sistema SIMATIC S7-1500 y ET 200MP de Siemens.					
Conexión:	Se comunica con la CPU o el módulo de interfaz a través del bus de campo interno del sistema, permitiendo la transferencia de datos y diagnósticos. PROFINET					
Información técnica						
Número de entradas digitales:	32	Tipo de entrada:	IEC 61131 Tipo 3			
Retardo configurable :	0,05-20ms	Corriente de entrada:	2,5mA			
Sensores compatibles:	Longitud máxima del cable:					
2 hilos (PNP/NPN)	Blindado	1000m				
3/4 hilos	No blindado	600m				
Certificaciones y ambiente						
Rango de Temperatura:	Altitud máxima		5000msnm			
Horizontal	-30 a 60°C	Normativas	IEC 61131-2, CE, UL, cULus			
Vertical	-30 a 40°C	Dimensiones	35 x 147 x 129 mm			
						

- DQ 16x24V/0.5A BA:

Tabla 3.9: Especificaciones del módulo DQ 16x24V/0.5A BA

 <p>SynPhos</p>		Hoja de especificaciones del módulo de adquisición de datos			
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	29/01/2025
		Modelo:	DQ 16x24V/0.5A BA	Referencia:	6ES7511-1CK00-0AB0
Descripción:		Módulo de salidas digitales de alta densidad diseñado para el sistema SIMATIC S7-1500 y ET 200MP de Siemens.			
Conexión:		Se comunica con la CPU o el módulo de interfaz a través del bus de campo interno del sistema, permitiendo la transferencia de datos y diagnósticos. PROFINET			
Información técnica					
Número de salidas digitales:	16	Tipo de salida:	Transistor, tipo PNP		
		Corriente de salida:	0,5A por canal		
Sensores compatibles:		Longitud máxima del cable:			
2 hilos (PNP/NPN)		Blindado	1000m		
3/4 hilos		No blindado	600m		
Certificaciones y ambiente					
Rango de Temperatura:		Altitud máxima	5000msnm		
Horizontal	-30 a 60°C	Normativas	IEC 61131-2		
Vertical	-30 a 40°C	Dimensiones	35 x 147 x 129 mm		
					

- Módulos analógicos:

- AI 8xU/I/RTD/TC HF:

Tabla 3.10: Especificaciones del módulo AI 8xU/I/RTD/TC HF

 SynPhos		Hoja de especificaciones del módulo de adquisición de datos			
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	
Modelo:		AI 8xU/I/RTD/TC HF		Referencia: 6ES7531-7PF00-0AB0	
Descripción:		Módulo de entradas analógicas de alta densidad diseñado para el sistema SIMATIC S7-1500 y ET 200MP de Siemens.			
Conexión:		Se comunica con la CPU o el módulo de interfaz a través del bus de campo interno del sistema, permitiendo la transferencia de datos y diagnósticos. PROFINET			
Información técnica					
Número de entradas analógicas:	9	Tipo de salida:	Tensión, Resistencia, Termorresistencia (RTD) Termopar (TC)		
		Corriente de salida:	2,5mA		
Sensores compatibles:		Longitud máxima del cable:			
2 hilos		Blindado	1000m		
TC con compensación interna o externa		No blindado	600m		
Certificaciones y ambiente					
Rango de Temperatura:		Altitud máxima	5000msnm		
Horizontal	-30 a 60°C	Normativas	IEC 61131-2, CE, UL, cULus		
Vertical	-30 a 40°C	Dimensiones	35 x 147 x 129 mm		
					

- AQ 8xU/I HS:

Tabla 3.11: Especificaciones del módulo AQ 8xU/I HS

 <p>SynPhos</p>		Hoja de especificaciones del módulo de adquisición de datos			
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits-Tarragona <th>Fecha:</th> <td>29/01/2025</td>	Fecha:	29/01/2025
		Modelo:	AQ 8xU/I HS	Referencia:	6ES7532-5HF00-0AB0
Descripción:		Módulo de salidas analógicas de alta densidad diseñado para el sistema SIMATIC S7-1500 y ET 200MP de Siemens.			
Conexión:		Se comunica con la CPU o el módulo de interfaz a través del bus de campo interno del sistema, permitiendo la transferencia de datos y diagnósticos. PROFINET			
Información técnica					
Número de salidas analógicas:	8	Tipo de salida:	Tensión y corriente		
		Corriente de salida:	45mA máx y 20A		
Resolución		Longitud máxima del cable:			
16 bits		Blindado	1000m		
		No blindado	600m		
Certificaciones y ambiente					
Rango de Temperatura:		Altitud máxima	5000msnm		
Horizontal	-30 a 60°C	Normativas	IEC 61131-2		
Vertical	-30 a 40°C	Dimensiones	16,10 x 19,40 x 4,70 mm		
					

Una vez presentado todos los modelos de módulos del sistema de control a continuación se muestran los módulos que debe haber por área para cumplir los requisitos de la *Tabla 3.7*:

Tabla 3.12: Tipos y cantidad de módulos por área de producción.

	DI 32x24VDC HF	DQ 16x24V/0.5A BA	AI 8xU/I/RTD/TC HF	AQ 8xU/I HS
Área 100	2	1	4	3
Área 200	1	0	2	1
Área 300	3	1	5	4

3.6. Elementos de un lazo de control

Un lazo de control es un sistema cerrado que regula una variable del proceso, como la temperatura o la presión, mediante una secuencia de medición, comparación y acción correctiva. Sus componentes principales son los elementos primarios y los elementos finales.

3.6.1. Elementos primarios: Sensores

Los sensores son dispositivos que detectan las variables del proceso, como temperatura, presión o flujo, y las convierten en señales eléctricas o digitales. En una planta de fosgeno, se emplean sensores precisos y confiables, como termopares, transmisores de presión y medidores de flujo, debido a los altos riesgos asociados al proceso.

A continuación, se presenta una tabla donde se recogen todos los sensores disponibles en SynPhos:

Tabla 3.13: Recopilación de los sensores disponibles en SynPhos.

Cantidad/Sensores	Presión	Temperatura	Caudalímetros	Concentración de gases	Nivel
Número	8	22	28	4	14

3.6.1.1 Sensores de temperatura

Para el control de la temperatura de los corrientes de gases y fluidos, se ha elegido el siguiente modelo debido a las condiciones necesarias por los reactivos que se manejan en la planta (gases y líquidos corrosivos (R-717 y Cl2)), temperaturas elevadas y compatibilidad con el PLC.

- Siemens - SITRANS TS100:

- Rango de temperatura: -200 °C a 850 °C.
- Versátil, apto para aplicaciones en gases, líquidos y ambientes corrosivos.
- Alta precisión y estabilidad a largo plazo.

- Resistencia a ambientes exigentes, incluyendo gases como CO, cloro y otros químicos.

3.6.1.2 Sensores de presión

Para el control de la presión de los corrientes de líquidos, se ha elegido el siguiente modelo debido a las condiciones necesarias por los reactivos que se manejan en la planta (líquidos corrosivos (R-717 y agua)), presiones de operación y compatibilidad con el PLC.

- Siemens SITRANS P300: Sensor de presión piezoresistivo para aplicaciones industriales. Ideal para sistemas de refrigeración con agua y R-717.

- Rango de presión: 0-16 bar, 0-40 bar (ajustable).
- Material: Acero inoxidable 316L, apto para aplicaciones con amoníaco.
- Conexión: Rosca NPT 1/2", 3/4", 1" o brida.
- Certificación ATEX: Disponible para zonas peligrosas.
- Precisión: $\pm 0,5\%$ de la medición completa.
- Protección: IP67, adecuado para condiciones extremas.

Para el corriente de gases, al tener temperaturas por encima de los 100°C, presiones medianas, teniendo en cuenta la corrosividad de algunos gases de proceso como el Cl2 y teniendo en cuenta la compatibilidad con el sistema de PLC, la mejor opción es el siguiente:

-Endress+Hauser Cerabar PMP71: Ofrece una alta precisión ($\pm 0,075\%$), soporta rangos de presión de hasta 400 bar, y es ideal para aplicaciones industriales exigentes como químicos y petroquímicos. Fabricado en acero inoxidable 316L con opciones de materiales resistentes como Hastelloy o Tantalio, es apto para medios agresivos y altas temperaturas (hasta 400 °C con sello químico). Compatible con protocolos HART, Profibus, y Profinet, es ideal para sistemas automatizados y tiene certificaciones ATEX y SIL2/SIL3 para entornos peligrosos.

3.6.1.3 Caudalímetros

Para el control del flujo de gases y de líquidos, se ha elegido el siguiente modelo debido a las condiciones necesarias por los reactivos que se manejan en la planta (corrosivos (Cl2 y R-717) y peligrosos (fosgeno)), presiones/caudales de operación y compatibilidad con el PLC.

- SIEMENS SITRANS FX330: Es un caudalímetro tipo Vortex diseñado para medir líquidos, gases y vapor en aplicaciones industriales. Ofrece mediciones precisas de caudal volumétrico y másico con rangos amplios, incluso a altas temperaturas (hasta 240 °C). Es robusto, sin partes móviles, y compatible con protocolos como HART, Modbus y Profibus, lo que facilita su integración en sistemas de control. Ideal para procesos en química, energía y HVAC, cuenta con certificaciones ATEX y SIL2, garantizando seguridad en entornos exigentes.

3.6.1.4 Sensores de concentración de gases

Con el fin de recircular el monóxido de carbono, los gases salientes del scrubber deben contener la menor cantidad de cloro y fosgeno posibles ya que actuarían como inhibidores en el reactor catalítico o se podrían formar más impurezas de las esperadas. Para ello se ha implementado los siguientes medidores de concentración de gases:

- VIRAZE Detector de fosgeno Fijo en línea modelo NGP5-COCL2-A: Este detector puede detectar hasta 30ppm (0,003% en masa) lo que genera una pureza del corriente de CO suficiente para no afectar al reactor con esta recirculación. A demás tiene un puerto de salida de 4-20mA que pueden conectarse a un PLC.
- Analizador de Cloro S40: Este modelo permite determinar la concentración de cloro de hasta 200ppm (0,02%) lo que genera una pureza del corriente de CO suficiente para no afectar al reactor con esta recirculación. A demás tiene un puerto de salida de 4-20mA que pueden conectarse a un PLC.

3.6.1.5 Sensores de nivel

Con el fin de controlar los niveles de ciertos depósitos, se ha decidido instalar estos sensores en el área 300 para automatizar y controlar la fabricación y dosificación de la solución de NaOH al 25%. Para ello se ha elegido el sensor SITRANS LUT400 un controlador de nivel de siemens ultrasónico resistente y que se puede integrar fácilmente al PLC mediante comunicación HART.

3.6.2. Elementos finales de control

Los elementos finales de control, como válvulas de control, variadores de frecuencia o pulsadores , ejecutan las acciones correctivas para mantener las variables dentro del rango deseado, estos, desempeñan un papel crítico para controlar el flujo de reactivos y evitar condiciones peligrosas.

A continuación, se presenta una tabla donde se recogen todos los elementos finales de control disponibles en SynPhos:

Tabla 3.14: Recopilación de los elementos finales de control disponibles en SynPhos.

Cantidad/Sensores	Válvulas de control	Variadores de frecuencia	Pulsadores
Número	53	18	16

3.6.3. Hojas de especificaciones de los instrumentos

Tabla 3.15: Hoja de especificaciones para el sensor de temperatura Siemens SITRANS TS100.

HOJA DE ESPECIFICACIONES						
 <p>SynPhos</p>		Sensor de temperatura				
		Modelo: Siemens SITRANS TS100				
		Planta	Localización	Revisión		
Identificación	TT-XXX	SynPhos	Tarragona	Dirección Técnica		
Condiciones de servicio						
Condición		Mínima	Máxima			
Rango de temperatura (°C)		-200	850			
Máxima presión de proceso (estática) (bar)		100				
Máxima longitud de inmersión (mm)		50	600			
Datos de operación						
Elemento de medida	RTD Pt100					
Alimentación (V)	24V DC					
Señal de salida (mA)	4-20 mA					
Variable medida	Temperatura					
Precisión (°C)	±0,1 °C					
Calibrado	Sí					
Tiempo de respuesta (s)	≤ 10 s (dependiendo de la configuración)					
Datos de operación						
Elemento sensor	Pt100 (Clase A)					
Conexión a proceso	Rosca NPT 1/2", 3/4", 1"					
Material	Acero inoxidable 316L					
Clasificación ATEX	Zona 0, 1 y 2 (opcional)					
Protección	IP 67 (Protección contra polvo y agua)					
Longitud de la sonda	50 mm a 600 mm (ajustable)					
Certificación	CE, UL, ATEX (dependiendo de la configuración)					
						

Tabla 3.16: Hoja de especificaciones para el sensor de presión Siemens SITRANS P300.

 <p>SynPhos</p>		Sensor de presión piezoresistivo				
		Modelo: Siemens SITRANS P300				
		Planta	Localización	Revisión		
Identificación	PT-XXX	SynPhos	Tarragona	Dirección Técnica		
Condiciones de servicio						
Condición		Mínima	Máxima			
Rango de presión (bar)		0	100			
Temperatura del proceso (°C)		-40 °C	+85 °C			
Temperatura ambiente (°C)		-40 °C	+85 °C			
Presión de sobrecarga (bar)	2x rango de medición		2x rango de medición			
Máxima presión de impacto (bar)	2x rango de medición		2x rango de medición			
Condiciones de almacenamiento	-40 °C		+85 °C			
Datos de operación						
Elemento de medida		Piezoresistivo				
Alimentación (V)		12-30 V DC				
Señal de salida (mA)		4-20 mA (transmisor de 2 hilos)				
Señal de salida (HART)		HART 7.0				
Precisión (porcentaje de la medición completa)		±0,075% (Clase 0.075)				
Tiempo de respuesta (ms)		< 100 ms				
Certificación ATEX		Disponible (Zona 0, 1 y 2)				
Protección		IP67				
Datos de Construcción						
Material del sensor		Acero inoxidable 316L, Hastelloy				
Material del cuerpo		Acero inoxidable 316L				
Conexión a proceso		Rosca NPT 1/2", 3/4", 1", o brida				
Conexión al transmisor		Conexión roscada M20x1.5, HART o Profibus				
Protección externa		Carcasa de acero inoxidable IP67				
Certificación		ATEX, CE, UL, CSA				
						

Tabla 3.17: Hoja de especificaciones para el sensor de presión Endress+Hauser Cerabar PMP71.

 SynPhos		Transmisor de presión piezoresistivo				
		Modelo: Endress+Hauser Cerabar PMP71				
		Planta	Localización	Revisión		
Identificación	PT-XXX	SynPhos	Tarragona	Dirección Técnica		
Condiciones de servicio						
Condición		Mínimo	Máximo			
Rango de Presión (bar)		0	400			
Rango de Temperatura del Proceso (°C)		-40	120			
Rango de Temperatura con Sello Químico		-40	400			
Temperatura Ambiente (°C)		-40	85			
Presión de Sobrecarga		Hasta 1.5 veces el rango de presión nominal				
Condiciones de Almacenamiento (°C)		-40	85			
Datos de operación						
Elemento de Medida		Sensor piezoresistivo				
Señal de Salida		4-20 mA con HART				
Rango de Señal		4-20 mA; configurable vía HART				
Precisión		±0,075% del rango completo				
Estabilidad a Largo Plazo		±0,1% del rango completo por año				
Tiempo de Respuesta (ms)		<100 ms				
Certificación de Seguridad		SIL2/3, ATEX para Zonas Peligrosas				
Compatibilidad con PLC		Totalmente compatible con PLC Siemens S7-1500 (módulos analógicos y HART)				
Datos de Construcción						
Componente		Material				
Diáfragma		Hastelloy C276 o Tantalo (opcional)				
Cuerpo del Sensor		Acero inoxidable 316L				
Conexión a Proceso		NPT 1/2", G 1/2", o bridas según norma				
Protección Externa		IP67/IP68				
Sello Químico		Disponible (opcional para altas temperaturas y gases corrosivos)				
						

Tabla 3.18: Hoja de especificaciones para el caudalímetro Siemens SITRANS FX330.

 <p>SynPhos</p>		Caudalímetro Vortex				
		Modelo: Siemens SITRANS FX330				
		Planta	Localización	Revisión		
Identificación	FT-XXX	SynPhos	Tarragona	Dirección Técnica		
Condiciones de servicio						
Condición		Mínimo	Máximo			
Temperatura de Proceso (°C)		-40	240			
Temperatura Ambiente (°C)		-40	80			
Presión Operativa (bar)		0	100 (según brida)			
Rango de Caudal		Según diámetro de tubería (DN15-DN300)				
Condiciones de Almacenamiento (°C)		-40	85			
Datos de Operación						
Tecnología de Medición		Vortex				
Medición de Variables		Caudal volumétrico, caudal mísico, temperatura, densidad				
Precisión de Caudal Volumétrico		± 0,75% del rango medido				
Precisión de Caudal Mísico		± 1% del rango medido				
Temperatura Integrada		Precisión ±1 °C				
Señal de Salida		4-20 mA, HART, Modbus RTU, Profibus DP				
Tiempo de Respuesta		Configurable, típicamente 1 segundo				
Alimentación		24 VDC o 230 VAC				
Diagnósticos		Autodiagnóstico avanzado según NAMUR NE107				
Datos de Construcción						
Cuerpo del Sensor		Acero inoxidable 316L				
Sensor Interno		Acero inoxidable				
Bridas		Acero al carbono o inoxidable (según configuración)				
Tamaño de Tubería Compatible		DN15 a DN300				
Protección IP		IP67/IP68				
						

Tabla 3.19: Hoja de especificaciones para el controlador de nivel SITRANS LUT400.

 <p>SynPhos</p>		Controlador de nivel				
		Modelo: Siemens SITRANS LUT400				
		Planta	Localización	Revisión		
Identificación	LT-XXX	SynPhos	Tarragona	Dirección Técnica		
Condiciones de servicio						
Condición		Mínimo	Máximo			
Temperatura de Proceso (°C)		-20	50			
Rango de medida (m)		0,3	60			
Resolución		16bits				
Precisión		±0,1mm				
Datos de Operación						
Tecnología de Medición		Ultrasonidos				
Protocolos de comunicación		HART 7.0, USB				
Salida analógica		4-20mA				
Relés		3 integrados				
Entradas directas		2				
Señal de Salida		4-20 mA, HART, Modbus RTU, Profibus DP				
Datos de Construcción						
Grado de protección		IP65 / Tipo 4X / NEMA 4X				
Opciones de montaje		Pared, panel, tubo o riel DIN				
Alimentación		100-230 V AC ±15%, 50/60 Hz				
Consumo máximo		18W				
Certificaciones		CCSAUS, CE, FM, UL, RCM, EAC, KC, MCERTS				
						

3.7. Nomenclatura y simbología del control de planta

Con tal de facilitar la lectura de los elementos de control se ha seguido la nomenclatura recogida en las normas ISA, encargadas de estandarizar un criterio de simbología que participan en el proceso.

3.7.1. Símbología y ubicación de los instrumentos

La norma ISA-5.1 establece la información mínima requerida y adicional para un lazo de instrumentación. En ellas se recoge una simbología para la ubicación de la instrumentación usada en el proceso. Esta suele estar en pie de planta junto a su elemento controlado o variable medida, pero por seguridad a veces puede encontrarse en un centro de control externo. Para ello se recoge en la siguiente tabla el tipo de instrumento y su ubicación según ISA-5.1:

Tabla 3.20: Símbología de los instrumentos según su ubicación

	Montado en Tablero Normalmente accesible al operador	Montado en Campo	Ubicación Auxiliar. Normalmente accesible al operador.
Instrumento Discreto o Aislado	○	○	○
Display compartido, Control compartido.	□	□	□
Función de Computadora	△	△	△
Control Lógico Programable	◇	◇	◇

3.7.2. Nomenclatura de los instrumentos

Para decir la nomenclatura de los instrumentos se ha seguido a misma norma ISA-5.1 la cual define un código y orden de letras que asignan un instrumento. En este caso se ha seguido la siguiente nomenclatura:

XYZ

Donde:

- X es la variable controlada (caudal, temperatura, presión,)
- Y es la función de lectura pasiva (indicador, transmisor, ...)
- Z es la letra que hace referencia a la función de salida

Estas letras que van asignadas a un variable o función están recogidas en la siguiente tabla:

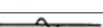
Tabla 3.21: Nomenclatura según ISA 5.1.

Variable medida(3)	1 ^o Letra Letra de Modificación	Función de lectura pasiva	2 ^o Letra Función de Salida	Letra de Modificación
A. Análisis (4)		Alarma		
B. Llama (quemador)		Libre (1)	Libre (1)	Libre (1)
C. Conductividad			Control	
D. Densidad o Peso específico	Diferencial (3)			
E. Tensión (Fem.)		Elemento Primario		
F. Caudal	Relación (3)			
G. Calibre		Vidrio (8)		
H. Manual				Alto (6)(13)(14)
I. Corriente Eléctrica		Indicación o indicador (9)		
J. Potencia	Exploración (6)			
K. Tiempo			Estación de Control	
L. Nivel		Luz Piloto (10)		Bajo (6)(13)(14)
M. Humedad				Medio (6)(13)
N. Libre(1)		Libre	Libre	Libre
O. Libre(1)		Orificio		
P. Presión o vacío		Punto de prueba		
Q. Cantidad	Integración (3)			
R. Radiactividad		Registro		
S. Velocidad o frecuencia	Seguridad (7)		Interruptor	
T. Temperatura			Transmisión o transmisor	
U. Multivariable (5)		Multifunción (11)	Multifunción (11)	Multifunción (11)
V. Viscosidad			Válvula	
W. Peso o Fuerza		Vaina		
X. Sin clasificar (2)		Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y. Libre(1)			Relé o compensador (12)	Sin clasificar
Z. Posición			Elemento final de control sin clasificar	

3.7.3. Nomenclatura y simbología de señales y conexiones

Igual sucede con la nomenclatura y simbología de las señales y conexiones de estos instrumentos de control con sus actuadores y paneles. Para ello se ha seguido la simbología según ISA 5.1 reunida en la siguiente tabla:

Tabla 3.22: Símbolos de líneas según ISA 5.1

	Conexión a proceso, enlace mecánico, o alimentación de instrumentos.
	Señal indefinida
 ó 	Señal Eléctrica
E.U.  Internacional 	Señal Hidráulica
 	Señal Neumática
 	Señal electromagnética o sónica (guiada)
 	Señal electromagnética o sónica (no guiada)
 	Señal neumática binaria
 ó 	Señal eléctrica binaria
 	Tubo capilar
 	Enlace de sistema interno (software o enlace de información)
 	Enlace mecánico

3.7.4. Nomenclatura de los lazos de control

Para establecer un criterio y orden en la nomenclatura de los lazos de control se ha seguido la siguiente nomenclatura:

X-Y-Z-V

Donde:

- X es la variable controlada por el lazo
- Y es el equipo al que va referido este enlace
- Z es el área donde se encuentra (A1, A2, A3 o A5)
- V es el número del lazo de control de ese tipo en esa área

Por ejemplo, el lazo de control **T-V101-A1-01** sería uno que controla la temperatura del vaporizador V101 situado en el área 100 y es el primero.

3.8. Listados de lazos de control

A continuación, se presenta una tabla donde se recogen todos los lazos de control de la planta dividida entre sus áreas:

3.8.1 Área 100:

Tabla 3.23: Listado de los lazos de control presentes en el área 100

 SynPhos		LISTADO DE LOS LAZOS DE CONTROL DE SYNPHOS							
		UBICACIÓN:			ÀREA		FECHA:		
		Polígon industrial Satèl·lits-Tarragona			100		26/01/2025		
Equipo	Lazo de control	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Nomenclatura	Elemento final	Nomenclatura	Setpoint
V-101	F-V101-A1-01	Feed forward	Caudal de Cl entrada	Apertura válvula	Caudalímetro	FT-A1001	válvula de control	VCF-101	7757kg/h
	T-V101-A1-01	Feedback	Temperatura del vaporizador	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A1001	válvula de control	VCT-101	70°C
	F-V101-A1-03	Feed forward	Caudal de vapor caldear	Apertura válvula	Caudalímetro	FT-A1003	válvula de control	VCF-103	-
	F-V101-A1-05	Feed forward	Caudal de vapor de refrigeración	Apertura válvula	Caudalímetro	FT-A1005	válvula de control	VCF-103	-
	F-V101-A1-07	Feed forward	Caudal de vapor de refrigeración	Apertura válvula	Caudalímetro	FT-A2001	válvula de control	TCV-103	-
V-101	F-V102-A1-02	Feed forward	Caudal del vaporizador	Apertura válvula	Caudalímetro	FT-A1002	válvula de control	FCV-102	7757kg/h
	T-V102-A1-02	Feedback	Temperatura del vaporizador	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A1002	válvula de control	TCV-102	70°C
	F-V102-A1-04	Feed forward	Caudal de vapor caldera	Apertura válvula	Caudalímetro	FT-A1004	válvula de control	FCV-104	-
	F-V102-A1-06	Feed forward	Caudal de vapor de refrigeración	Apertura válvula	Caudalímetro	FT-A1006	válvula de control	FCV-104	-
	F-V102-A1-08	Feed forward	Temperatura/caudal	Apertura válvula	Caudalímetro	FT-A2002	válvula de control	TCV-104	-

Equipo	Lazo de control	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Nomenclatura	Elemento final	Nomenclatura	Setpoint
M-101	P-M101-A1-01	Feedback	Presión de entrada mixer	Regulador válvula	Transmisor de presión	PT-A1001	válvula reguladora	PCV-101 y PCV-103	3,5bar
	F-M101-A1-09	Feedback	Caudal de CO	Posición válvula	Transmisor de presión	PT-A1003	válvula control	FCV-107	1,5bar
M-102	P-M102-A1-02	Feedback	Presión de entrada mixer	Regulador válvula	Transmisor de presión	PT-A1002	válvula reguladora	PCV-102 y PCV-104	3,5bar
	F-M102-A1-10	Feedback	Caudal de CO	Posición válvula	Transmisor de presión	PT-A1006	válvula control	FCV-108	1,5bar
M-103	F-M103-A1-11	Cascada	Caudal de CO fresco	Apertura de la válvula	Caudalímetro	FT-A1007 y FT-A1013	válvula de control	FCVC-105 y FCV-113	-
M-104	F-M104-A1-12	Cascada	Caudal de CO fresco	Apertura de la válvula/setpoint lazo	Caudalímetro	FT-A1008 y FT-A1014	válvula de control	FCV-106 y FCV-114	-
HE-101	F-HE101-A1-13	Feed forward	Caudal de entrada de CO fresco	Apertura de la válvula	Caudalímetro	FT-A1007	válvula de control	FCV-105	1500kg/h
	F-HE101-A1-15	Feed forward	Caudal de vapor	Variador de frecuencia bomba	Caudalímetro	FT-A1009	variador de frecuencia y válvula de control	SC-101 y FCV-111	-
HE-102	F-HE102-A1-14	Feed forward	Caudal de entrada de CO fresco	Apertura de la válvula	Caudalímetro	FT-A1008	válvula de control	FCV-106	1500kg/h
	F-HE102-A1-16	Feed forward	Caudal de vapor	Variador de frecuencia bomba	Caudalímetro	FT-A1010	variador de frecuencia y válvula de control	SC-102 y FVC-112	-

Equipo	Lazo de control	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Nomenclatura	Elemento final	Nomenclatura	Setpoint
HE-103	T-HE103-A1-03	Feedback	Temperatura salida	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A1003	válvula de control	TCV-105	150°C
	F-HE103-A1-17	Feed forward	Caudal de vapor de caldera	Variador de frecuencia	Caudalímetro	FT-A1013	Variador de frecuencia	SC-103	-
HE-104	T-HE104-A1-04	Feedback	Temperatura salida	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A1004	válvula de control	TCV-106	150°C
	F-HE104-A1-18	Feedback	Caudal de vapor de caldera	Variador de frecuencia	Caudalímetro	FT-A1014	Variador de frecuencia	SC-104	-

3.9.2. Área 200

Tabla 3.24: Listado de los lazos de control presentes en el área 200

 SynPhos			LISTADO DE LOS LAZOS DE CONTROL DE SYNPHOS						
			UBICACIÓN:			ÀREA		FECHA:	
			Polígono industrial Satèl·lits-Tarragona			200		26/01/2025	
Equipo	Lazo de control	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Nomenclatura	Elemento final	Nomenclatura	Setpoint
R-201	T-R201-A2-01	Feedback	Temperatura salida de gases	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A2001	Válvula reguladora	TCV-201	150°C
	T-R201-A2-03	Feedback	Temperatura del reactor	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A2003	Válvula reguladora	TCV-201	180°C
R-202	T-R201-A2-02	Feedback	Temperatura salida de gases	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A2002	Válvula reguladora	TCV-202	150°C
	T-R201-A2-04	Feedback	Temperatura del reactor	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A2004	Válvula reguladora	TCV-202	180°C
E-201	P-E201-A2-01	Feedback	Presión salida expansor	Potencia del motor del expansor	Transmisor de presión	PT-A2001	Variador de frecuencia	SC-201	1bar
E-202	P-E201-A2-02	Feedback	Presión salida expansor	Potencia del motor del expansor	Transmisor de presión	PT-A2002	Variador de frecuencia	SC-202	1bar
CG-201	P-E201-A2-03	Feedback	Presión salida compresor	Potencia del motor del compresor	Transmisor de presión	PT-A2003	Variador de frecuencia	SC-203	3,8 bar

Equipo	Lazo de control	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Nomenclatura	Elemento final	Nomenclatura	Setpoint
CG-202	P-E201-A2-04	Feedback	Presión salida compresor	Potencia del motor del compresor	Transmisor de presión	PT-A2004	Variador de frecuencia	SC-204	3,8 bar
C-201	T-C201-A2-03	Feedback	Temperatura salida líquida	Caudal de refrigerante	Transmisor de temperatura	TT-A2005	Válvula reguladora	TCV-203	-34,5°C
C-202	T-C201-A2-03	Feedback	Temperatura salida líquida	Caudal de refrigerante	Transmisor de temperatura	TT-A2006	Válvula reguladora	TCV-204	-34,5°C

3.9.3 Área 300

Tabla 3.25: Listado de los lazos de control presentes en el área 300

 <p>SynPhos</p>			LISTADO DE LOS LAZOS DE CONTROL DE SYNPHOS						
			UBICACIÓN:			ÁREA		FECHA:	
			Polígono industrial Satèl-lits-Tarragona			300		01/02/2025	
Equipo	Lazo de control	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Nomenclatura	Elemento final	Nomenclatura	Setpoint
HE-301	T-HE301-A3-01	Feedback	Temperatura salida de gases	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A3001	Válvula de control	TCV-301	40°C
HE-302	T-HE302-A3-02	Feedback	Temperatura salida de gases	Caudal de vapor	Transmisor de temperatura	TT-A3002	Válvula de control	TCV-302	40°C
SC-301	F-SC301-A3-01	Feedforward	Caudal de gases	Posición de la válvula	Caudalímetro	FT-A3001	Válvula de control tres vías	FCV-305	-
	F-SC301-A3-03	Feedforward	Caudal de gases	Posición de la válvula	Caudalímetro	FT-A3003	Válvula de control tres vías	FCV-313	-
	C-SC301-A3-01	Feedforward	Concentración de Cl ₂	Caudal de gases	Transmisor de gas	CT-A3001	Válvula de control	FCV-301,303,307 Y 3015	50ppm
	C-SC301-A3-03	Feedforward	Concentración de fosgeno	Caudal de gases	Transmisor de gas	CT-A3003	Válvula de control	FCV-301,303,307 Y 3015	30ppm
	L-SC301-A3-13	Feedback	Nivel de líquido del scrubber	Posición de la válvula y encendido de motor	Transmisor de nivel	LT-A3013	Válvula de control y variador de frecuencia	LCV-301 y SC-309	90%-10%
	F-SC301-A3-05	Feedback	Caudal de líquido absorbente	Potencia de la bomba	Caudalímetro	FT-A3005	Variador de frecuencia	SC-307	-
SC-302	F-SC302-A3-02	Feedforward	Caudal de gases	Posición de la válvula	Caudalímetro	FT-A3002	Válvula de control tres vías	FCV-306	-
	F-SC302-A3-04	Feedforward	Caudal de gases	Posición de la válvula	Caudalímetro	FT-A3004	Válvula de control tres vías	FCV-308	-

Equipo	Lazo de control	Tipo	Variable controlada	Variable manipulada	Elemento primario	Nomenclatura	Elemento final	Nomenclatura	Setpoint
SC-302	C-SC302-A3-02	Feedforward	Concentración de Cl3	Caudal de gases	Transmisor de gas	CT-A3002	Válvula de control	FCV-302,304,308 Y 3016	50ppm
	C-SC302-A3-04	Feedforward	Concentración de fosgeno	Caudal de gases	Transmisor de gas	CT-A3004	Válvula de control	FCV-302,304,308 Y 3016	30ppm
	L-SC302-A3-14	Feedback	Nivel de líquido del scrubber	Posición de la válvula y encendido de motor	Sensor de nivel	LT-A3014	Válvula de control y variador de frecuencia	LCV-302 y SC-310	90%-10%
	F-SC302-A3-06	Feedback	Caudal de líquido absorbente	Potencia de la bomba	Caudalímetro	FT-A3006	Variador de frecuencia	SC-308	-
TA-303	L-TA303-A3-09	Feedforward	Nivel de líquido	Posición de la válvula	Transmisor de nivel	LT-A3009	Válvula de control	LCV-303	100%
TA-304	L-TA304-A3-10	Feedforward	Nivel de líquido	Posición de la válvula	Transmisor de nivel	LT-A3010	Válvula de control	LCV-304	100%
TA-305	L-TA305-A3-11	Feedforward	Nivel de líquido	Posición de la válvula	Transmisor de nivel	LT-A3011	Válvula de control	LCV-305	100%
TA-306	L-TA306-A3-12	Feedforward	Nivel de líquido	Posición de la válvula	Transmisor de nivel	LT-A3012	Válvula de control	LCV-306	100%
TA-301	L-TA301-A3-07	Feedback	Nivel de líquido	Potencia de la bomba	Transmisor de nivel	LT-A3007	Variador de frecuencia	SC-305	100%-20%
TA-302	L-TA302-A3-08	Feedback	Nivel de líquido	Potencia de la bomba	Transmisor de nivel	LT-A3008	Variador de frecuencia	SC-306	100%-20%
TA-307	L-TA307-A3-01	Feedback	Nivel de líquido	Potencia de la bomba Posición de la válvula	Transmisor de nivel	LT-A3001	Válvula de control y variador de frecuencia	LCV-309,307 y SC-301	100-30%
TA-308	L-TA308-A3-02	Feedback	Nivel de líquido	Potencia de la bomba Posición de la válvula	Transmisor de nivel	LT-A3002	Válvula de control y variador de frecuencia	LCV-310,308 y SC-302	100-30%

3.9. Listados de instrumentos en planta

Tabla 3.26: Listado de los instrumentos y su localización y tipo de señal del área 100.

Elemento	Listado de los instrumentos y su localización y tipo de señal			
	A-100	Ubicación		Fecha
		Polígon dels Satèl·lits-Tarragona		29/01/2025
Elemento	Código	Equipo	Localización	Tipo de señal
Transmisores de temperatura (TT)	1001	V-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1002	V-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1003	HE-103	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1004	HE-104	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1005	M-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1006	M-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1007	HE-103	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1008	HE-104	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1009	HE-103	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1010	HE-104	Campo/Sala Control	Eléctrica
Transmisores de presión (TP)	1001	M-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1002	M-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1003	M-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1004	M-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
Caudalímetros (FT)	1001	V-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1002	V-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1003	V-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1004	V-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1005	V-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1006	V-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1007	HE-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1008	HE-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1009	HE-101	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1010	HE-102	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1011	HE-103	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1012	HE-104	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1013	M-103	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1014	M-104	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1015	M-103	Campo/Sala Control	Eléctrica
	1016	M-104	Campo/Sala Control	Eléctrica
Variadores de frecuencia (SC)	101	HE-101	Sala de Control	Eléctrica
	102	HE-102	Sala de Control	Eléctrica
	103	HE-103	Sala de Control	Eléctrica
	104	HE-104	Sala de Control	Eléctrica

Elemento	Código	Equipo	Localización	Tipo de señal
Variadores de frecuencia (SC)	105	V-101	Sala de Control	Eléctrica
	106	V-102	Sala de Control	Eléctrica
Válvulas de control de caudal (FCV)	101	V-101	Campo	Neumática
	102	V-102	Campo	Neumática
	103	V-101	Campo	Neumática
	104	V-102	Campo	Neumática
	105	HE-101	Campo	Neumática
	106	HE-102	Campo	Neumática
	107	M-101	Campo	Neumática
	108	M-102	Campo	Neumática
	111	HE-101	Campo	Neumática
	112	HE-102	Campo	Neumática
	113	HE-101	Campo	Neumática
	114	HE-102	Campo	Neumática
Válvulas de control de presión (PCV)	101	M-101	Campo	Neumática
	102	M-102	Campo	Neumática
	103	M-101	Campo	Neumática
	104	M-102	Campo	Neumática
Válvulas de control de temperatura (TCV)	103	V-101	Campo	Neumática
	104	V-102	Campo	Neumática
	101	V-101	Campo	Neumática
	102	V-102	Campo	Neumática
	105	HE-102	Campo	Neumática
	106	HE-104	Campo	Neumática

Tabla 3.27: Listado de los instrumentos y su localización y tipo de señal del área 200.

SynPhos		Listado de los instrumentos y su localización y tipo de señal		
		A-200	Ubicación	Fecha
			Polígon dels Satèl·lits -Tarragona	29/01/2025
Elemento	Código	Equipo	Localización	Tipo de señal
Transmisores de temperatura (TT)	2001	R-201	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2002	R-202	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2003	R-201	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2004	R-202	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2005	C-201	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2006	C-202	Campo/Sala Control	Eléctrica
Transmisores de presión (TP)	2001	E-201	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2002	E-202	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2003	CG-201	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2004	CG-202	Campo/Sala Control	Eléctrica
Caudalímetros (FT)	2001	R-201	Campo/Sala Control	Eléctrica
	2002	R-202	Campo/Sala Control	Eléctrica
Variadores de frecuencia (SC)	201	E-201	Campo	Eléctrica
	202	E-202	Campo	Eléctrica
	203	CG-201	Campo	Eléctrica
	204	CG-202	Campo	Eléctrica
Pulsadores manuales (HS)	201	C-201	Campo/Sala Control	—
	202	C-202	Campo/Sala Control	—
Válvulas de control de temperatura (TCV)	201	R-201	Campo	Neumática
	202	R-202	Campo	Neumática
	203	C-201	Campo	Neumática
	204	C-202	Campo	Neumática

Tabla 3.28: Listado de los instrumentos y su localización y tipo de señal del área 300.

 SynPhos		Listado de los instrumentos y su localización y tipo de señal		
		A-300	Ubicación	Fecha
			Polígon dels Satèl·lits -Tarragona	29/01/2025
Elemento	Código	Equipo	Localización	Tipo de señal
Transmisores de temperatura (TT)	3001	HE-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3002	HE302	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3003	SC-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3004	SC-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3005	TA-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3006	TA-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
Transmisores de presión (PT)	3001	SC-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3002	SC-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
Caudalímetros (FT)	3001	SC-301	Sala Control	Eléctrica
	3002	SC-302	Sala Control	Eléctrica
	3003	SC-301	Sala Control	Eléctrica
	3004	SC-302	Sala Control	Eléctrica
	3005	SC-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3006	SC-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3007	TA-301	Sala Control	Eléctrica
	3008	TA-302	Sala Control	Eléctrica
	3009	TA-301	Sala Control	Eléctrica
	3010	TA-302	Sala Control	Eléctrica
Transmisores de nivel (LT)	3001	TA-307	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3002	TA-308	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3003	TM-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3004	TM-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3005	TM-303	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3006	TM-304	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3007	TA-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3008	TA-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3009	TA-303	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3010	TA-304	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3011	TA-305	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3012	TA-306	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3013	SC-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3014	SC-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
Transmisor de concentración de gases (CT)	3001	SC-301	Campo/Sala Control	Eléctrica

Elemento	Código	Equipo	Localización	Tipo de señal
Transmisor de concentración de gases (CT)	3002	SC-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3003	SC-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	3004	SC-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
Variador de frecuencia (SC)	301	TA-307	Campo/Sala Control	Eléctrica
	302	TA-308	Campo/Sala Control	Eléctrica
	305	TA-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	306	TA-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
	307	SC-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	308	SC-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
	309	SC-301	Campo/Sala Control	Eléctrica
	310	SC-302	Campo/Sala Control	Eléctrica
Pulsadores manuales (HS)	301	TM-301	Campo/Sala Control	-
	302	TM-302	Campo/Sala Control	-
	303	TA-307	Campo/Sala Control	-
	304	TA-308	Campo/Sala Control	-
	307	TM-303	Campo/Sala Control	-
	308	TM-304	Campo/Sala Control	-
	311	TA-303 y TA-305	Campo/Sala Control	-
	312	TA-304 y TA-306	Campo/Sala Control	-
	313	HE-301	Campo/Sala Control	-
	314	HE-302	Campo/Sala Control	-
	315	TM-301	Campo/Sala Control	-
	316	TM-302	Campo/Sala Control	-
	317	TM-303	Campo/Sala Control	-
	318	TM-304	Campo/Sala Control	-
Válvulas controladoras de caudal (FCV)	301	HE-301	Campo	Neumática
	302	HE-302	Campo	Neumática
	303	SC-301	Campo	Neumática
	304	SC-302	Campo	Neumática
	305	SC-301	Campo	Neumática
	306	SC-302	Campo	Neumática
	307	SC-301	Campo	Neumática
	308	SC-302	Campo	Neumática
	309	SC-301	Campo	Neumática
	310	SC-302	Campo	Neumática
	311	TM-301	Campo	Neumática
	312	TM-302	Campo	Neumática
	313	TM-303	Campo	Neumática
	314	TM-304	Campo	Neumática
	315	SC-301	Campo	Neumática

Elemento	Código	Equipo	Localización	Tipo de señal
Válvulas controladoras de caudal (FCV)	316	SC-302	Campo	Neumática
Válvulas controladoras de temperatura (TCV)	301	HE-301	Campo	Neumática
	302	HE-302	Campo	Neumática
Válvulas controladoras de nivel (LCV)	301	SC-301	Campo	Neumática
	302	SC-302	Campo	Neumática
	303	TA-303	Campo	Neumática
	304	TA-304	Campo	Neumática
	305	TA-305	Campo	Neumática
	306	TA-306	Campo	Neumática
	307	TA-307	Campo	Neumática
	308	TA-308	Campo	Neumática
	309	TA-307	Campo	Neumática
	310	TA-308	Campo	Neumática

3.10. Descripción y detalle de los lazos de control

Una vez listados los lazos de control y los instrumentos que hay en la planta se procede a explicar detalladamente estos lazos de control:

3.10.1. Control de temperatura

a) Vaporizadores de cloro:

Los lazos de control de temperatura para controlar la vaporización del cloro se han diseñado para permitir evaporar el cloro que llega de forma líquida a la planta, esto lo hace mediante dos posibles mecanismos.

El primer mecanismo se utiliza en la puesta en marcha donde el vapor proveniente de calderas calienta este corriente de cloro hasta 70°C aproximadamente. Este control utiliza una programación Feedback para adelantarse i modificar el sistema cuando suceden perturbaciones como variaciones de presión del corriente tanto de entrada como de calderas que pueden hacer variar este setpoint (70°C).

Por otro lado, durante el proceso en estado estacionario el encargado de vaporizar el cloro es el corriente de refrigeración proveniente del reactor el cual cambia de fase a vapor i entra a 100°C aproximadamente al vaporizador permitiendo vaporizar hasta los 70°C aproximadamente. Hay que destacar que no hay un lazo estricto de control entre el sensor de temperatura y este corriente ya que

depende de las necesidades del reactor y la temperatura de salida del cloro del vaporizador no es tan crítica si no se llega a los 70°C ya que este corriente se calienta posteriormente.

Este lazo de control es idéntico en los equipos V-101, V-102, HE-103, HE-104, R-201, R-202, C-201 y C-202, en estos cuatro últimos (C-201 y C-202) al tratarse sistemas con refrigeración y no sistemas de calefacción, el corriente modificado no es vapor de caldera sino refrigerante, agua en caso de los equipos R-201 y R-202; y refrigerante R-717(Amoniaco Anhídrico) en el caso de los equipos C-201 y C-202. Todos estos sistemas constan de un transmisor de temperatura (TT) conectado a un PLC el cual manda una señal analógica a unas válvulas de control con actuadores neumáticos (TCV) que regulan el paso y el caudal del fluido refrigerante/calentador para que las oscilaciones del punto de consigna (setpoint) no oscilen de manera desproporcionada.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.29: Especificaciones del lazo de control de temperatura del vaporizador.

T-V101-A1-01 y T-V102-A1-02	
Variable controlada	Temperatura de salida del cloro gas
Variable manipulada	Caudal de vapor
Set point	70°C
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.30: Especificaciones del lazo de control de temperatura del intercambiador HE-103 y HE-104.

T-HE103-A1-03 y T-HE104-A1-04	
Variable controlada	Temperatura de salida de los gases
Variable manipulada	Caudal de vapor
Set point	150°C
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.31: Especificaciones del lazo de control de temperatura del reactor R-201 y R-202.

T-R201-A2-01 y T-R202-A2-02	
Variable controlada	Temperatura de salida de los gases
Variable manipulada	Caudal de agua de refrigeración
Set point	150°C
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.32: Especificaciones del lazo de control de temperatura del condensador C-201 y C-202.

T-C201-A2-03 y T-C202-A2-03	
Variable controlada	Temperatura de salida del líquido
Variable manipulada	Caudal de refrigerante R-717
Set point	-34,5°C
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.33: Hoja de especificaciones del lazo T-V101-A1-01.

 SynPhos	Diagrama del lazo de control			
	Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025
Lazos análogos	Lazo:	T-V101-A1-01		
	Componentes del lazo			
T-V102-A1-02 T-HE103-A1-03 T-HE104-A1-04 T-R201-A2-01 T-R202-A2-02		Transmisor de temperatura: TT-A1001 Válvula de control de temperatura: TCV-101 Transductor de intensidad a presión: I/P		

b) Reactor catalítico multitubular:

El producto de la planta es el fosgeno, este se produce en un reactor multitubular catalítico, como se ha comentado este reactor lleva un sistema de refrigeración por agua que mantiene la temperatura de salida a 150°C, aun así la reacción que se produce en la producción del fosgeno es fuertemente exotérmica y el fosgeno se descompone a temperaturas de 200°C o superior, por ese motivo se ha instalado un sensor de temperatura en el reactor el cual controla el caudal de refrigerante en el caso de que transmita una alarma de temperatura alta a los 180°C para tener un margen de seguridad y de actuación para no perder producción.

Este control lo realiza mediante un transmisor de temperatura(TT) que al superar los 180°C actuaría sobre la válvula de control de caudal de la entrada de agua refrigerante (TCV).

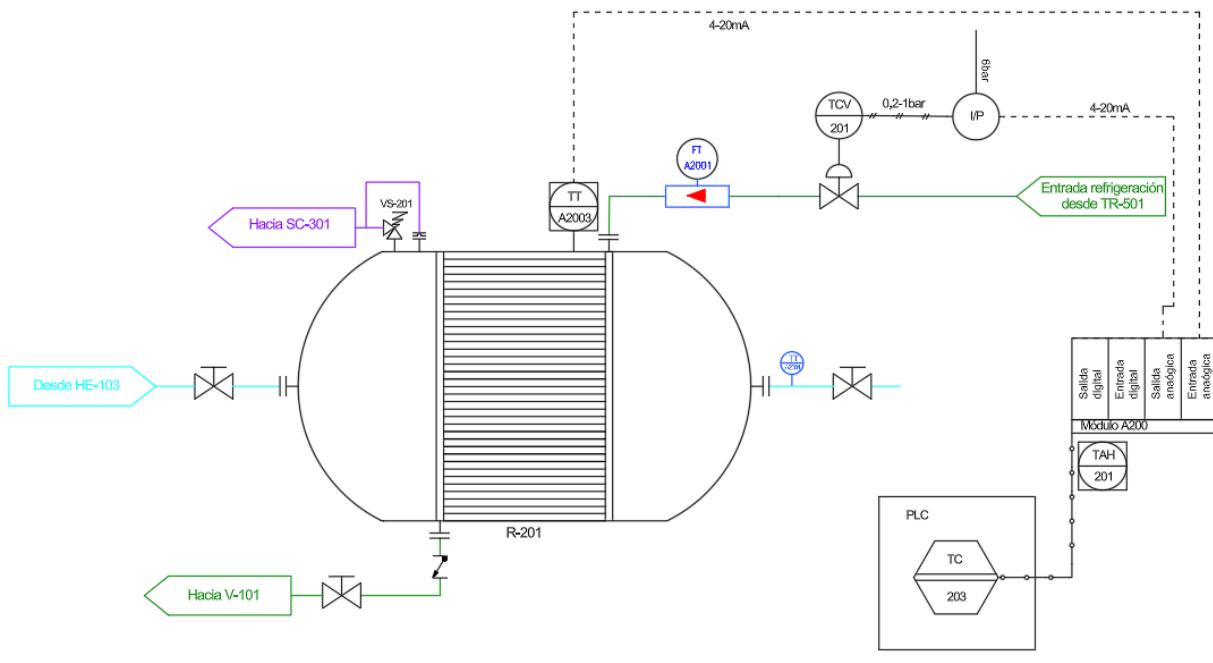
A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.34: Especificaciones del lazo de control de temperatura interna del reactor R-201 y R-202.

T-R201-A2-03 y T-R202-A2-04	
Variable controlada	Temperatura interna del reactor
Variable manipulada	Caudal de agua refrigerante
Set point	180°C
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	TAH-201y TAH-202
Setpoint	180°C

Tabla 3.35: Hoja de especificaciones del lazo T-R201-A2-03.

 SynPhos	Diagrama del lazo de control					
	Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025		
Lazos análogos	Lazo:	T-R201-A2-03				
	Componentes del lazo					
T-R202-A2-04	Transmisor de temperatura: TT-A2003 Válvula de control de temperatura: TCV-201 Transductor de intensidad a presión: I/P					



c) Intercambiador de calor HE-301 y HE-302:

Estos intercambiadores son fundamentales para nuestro proceso ya que son los encargados de calentar el corriente de gases a tratar para recircula el CO y eliminar los compuestos tóxicos de este corriente mediante un scrubber posterior, para ello la temperatura debe estar entre los 30-60°C ya que esa es la temperatura óptima de trabajo de los sensores que detectan contaminantes en el corriente de salida del scrubber.

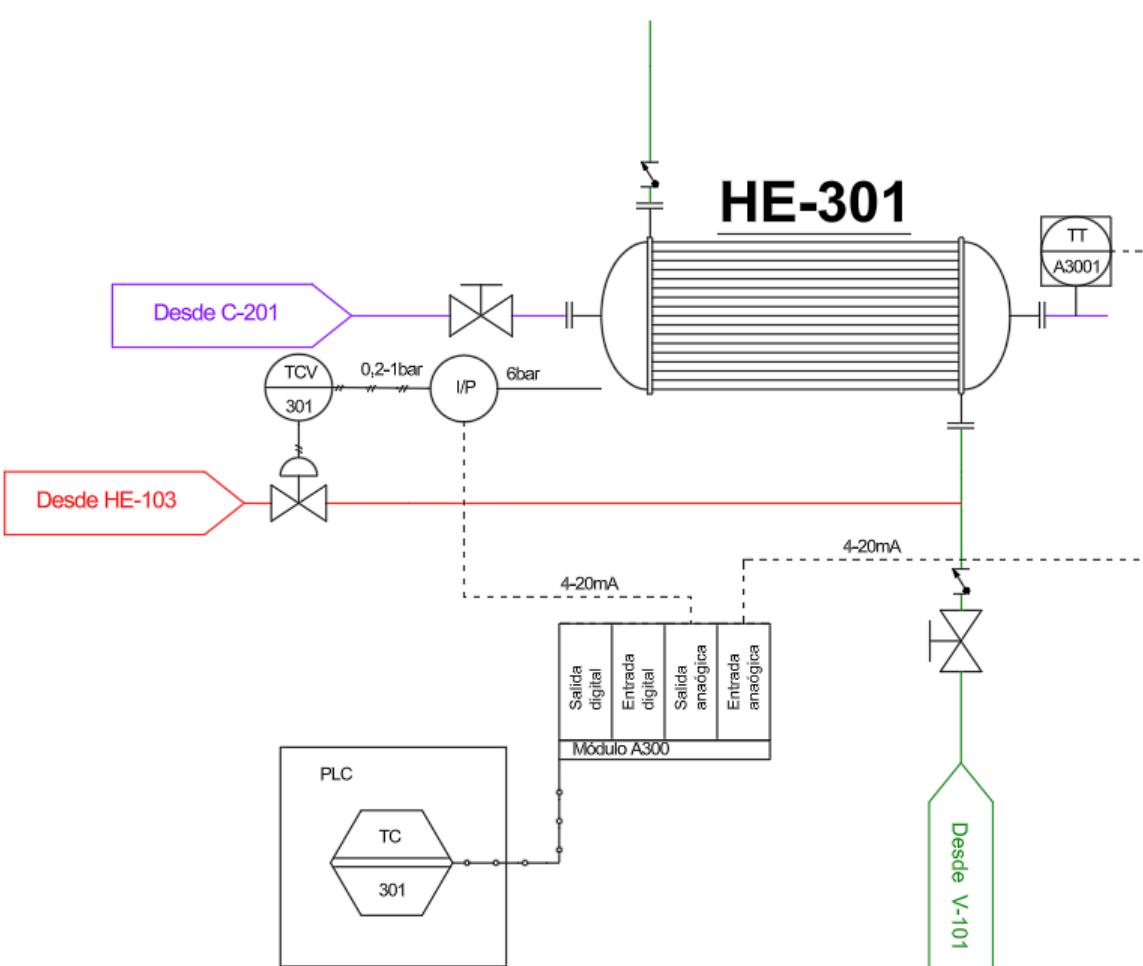
Este sistema consta de un intercambiador que enfriá el corriente que proviene de vaporizar el cloro y que tiene una temperatura elevada para entrar a torres de refrigeración, por ese motivo se enfriá utilizando el corriente de gases fríos. Este sistema no tiene un control exacto ya que está diseñado para temperaturas de 30-60°C, específicamente para 40°C. Por ello si no se llegara a 40°C el sistema cuenta con un control que suministra parte del caudal que sale del intercambiador HE-103 mediante una válvula controladora con actuador neumático que reacciona una entrada analógica proveniente de un transmisor de temperatura (TT) situado a la salida del intercambiador.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.36: Especificaciones del lazo de control de temperatura del intercambiador HE-301 y HE-302.

T-HE301-A3-01 y T-HE302-A3-02	
Variable controlada	Temperatura de salida de gases
Variable manipulada	Caudal de vapor
Set point	40°C
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.37: Hoja de especificaciones del lazo T-HE301-A3-01.

		Diagrama del lazo de control			
		Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025
Lazos análogos	Lazo:	T-HE301-A3-01			
		Componentes del lazo			
T-HE302-A3-02		Transmisor de temperatura: TT-A3001 Válvula de control de temperatura: TCV-301 Transductor de intensidad a presión: I/P			
					

3.10.2. Control de presión

a) Mixers M-101 y M-102:

Con el fin de controlar la presión de entrada del corriente de gases al reactor, se ha instalado un transmisor de presión (PT) a la entrada de este para determinar si hay que bajar o subir la presión de los gases, esta subida y bajada viene ejecutada por dos válvulas reductoras de presión (PCV), que a través de un actuador neumático varían la caída de presión según indique el transmisor de presión de cada caudal de manera uniforme para que entren a la misma presión al mixer.

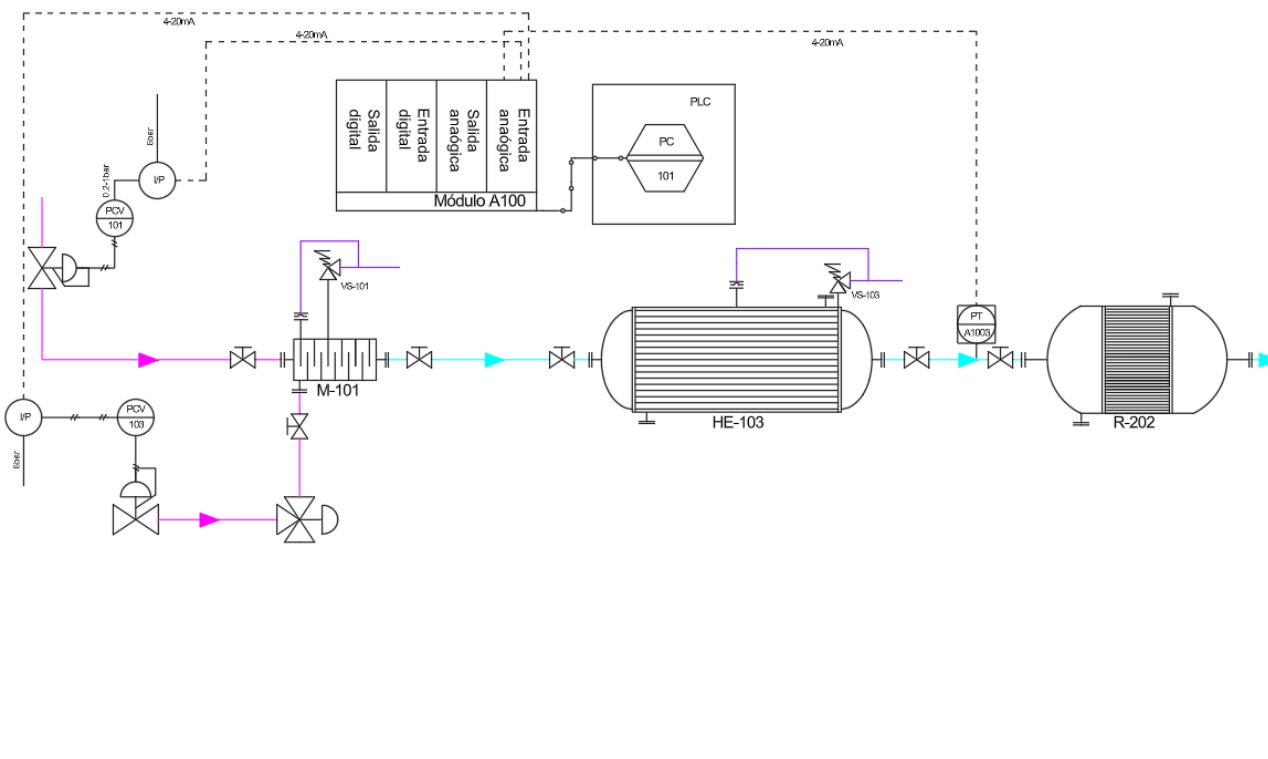
A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.38: Especificaciones del lazo de control de presión del mixer M-101 y M-102.

P-M101-A1-01 y P-M102-A1-02	
Variable controlada	Presión de entrada del mixer
Variable manipulada	Regulador de la válvula
Set point	3,5 bar
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.39: Hoja de especificaciones del lazo P-M101-A1-01.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control						
		Ubicación:	Polígon dels Satèlits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025			
Lazos análogos	Lazo:	P-M101-A1-01			Componentes del lazo			
	Componentes del lazo							
P-M102-A1-02	Transmisor de presión: PT-A1003 Válvula de control de presión: PCV-101 y PCV-103 Transductor de intensidad a presión: I/P							



b) Expansores E-201 y E-202:

Los expansores son los elementos encargados de bajar la presión de los gases a la entrada del condensador con el fin de reducir la temperatura de entrada al condensador y de no generar un corriente de gases de salida del condensador a mucha presión. Para ello se ha instalado un transmisor de presión (PT) conectado con un variador de frecuencia (SC) conectado con el motor del expansor para ajustar la presión de salida de este equipo.

Este lazo de control es idéntico para los compresores CG-201 y CG-202.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.40: Especificaciones del lazo de control de presión del expansor E-201 y E-202.

P-E201-A2-01 y P-E202-A2-02	
Variable controlada	Presión de salida del expansor
Variable manipulada	Potencia del motor
Set point	1bar
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.41: Especificaciones del lazo de control de presión del compresor CG-201 y CG-202.

P-CG201-A2-03 y P-CG202-A2-04	
Variable controlada	Presión de salida del compresor
Variable manipulada	Potencia del motor
Set point	3,8bar
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.42: Hoja de especificaciones del lazo P-E201-A2-01.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control							
		Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025				
Lazos análogos	Lazo:	P-E201-A2-01			Componentes del lazo				
	Componentes del lazo								
P-E202-A2-02 P-CG201-A2-03 P-CG202-A2-04	Transmisor de presión: PT-A2001 Variador de frecuencia: SC-201								

3.10.3 Control de caudal

a) Control del caudal entrada de cloro:

Las necesidades de la línea de producción 1 y 2 son las mismas, aun así, se han instalado un transmisor de caudal (caudalímetro) (FT) el cual regula una válvula de control mediante un actuador neumático (FCV) para que siempre fluya el mismo caudal y así mantener la producción controlada.

Este lazo es idéntico para el caudal de monóxido de carbono.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

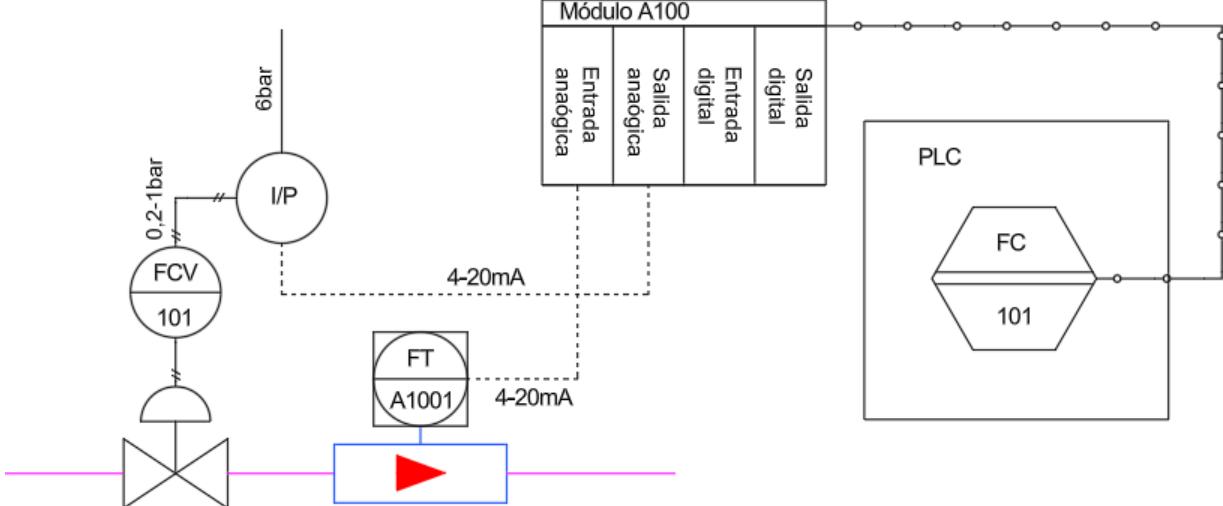
Tabla 3.43: Especificaciones del lazo de control de caudal de cloro.

F-V101-A1-01 y F-V102-A1-02	
Variable controlada	Caudal de cloro
Variable manipulada	Apertura de la válvula
Set point	7757 kg/h
Tipo de lazo	Feed forward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.44: Especificaciones del lazo de control de caudal de monóxido de carbono.

F-HE101-A1-13 y F-HE102-A1-14	
Variable controlada	Caudal de cloro
Variable manipulada	Apertura de la válvula
Set point	Setpoint determinado por lazo F-M103-A1-11 y F-M104-A1-12
Tipo de lazo	Feed forward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.45: Hoja de especificaciones del lazo F-V101-A1-01.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control				
		Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025	
Lazos análogos	Lazo:	F-V101-A1-01			Componentes del lazo	
	Componentes del lazo					
F-V102-A1-02 F-HE101-A1-13 F-HE102-A1-14		Caudalímetro: FT-A1001 Válvula de control de caudal: FCV-101 Transductor de intensidad a presión: I/P				
						

b) Posiciones de válvulas tres vías

A lo largo del proceso de producción, hay válvulas de tres vías automáticas que cambian de posición según la activación de una señal del caudalímetro (FT). Un ejemplo sucede en la puesta en marcha donde el caudalímetro manda una señal al actuador neumático de la válvula de tres vías para cambiar de posición y así poder hacer circular ese vapor que sale del vaporizador hacia el intercambiador HE-103 y HE-104 análogamente.

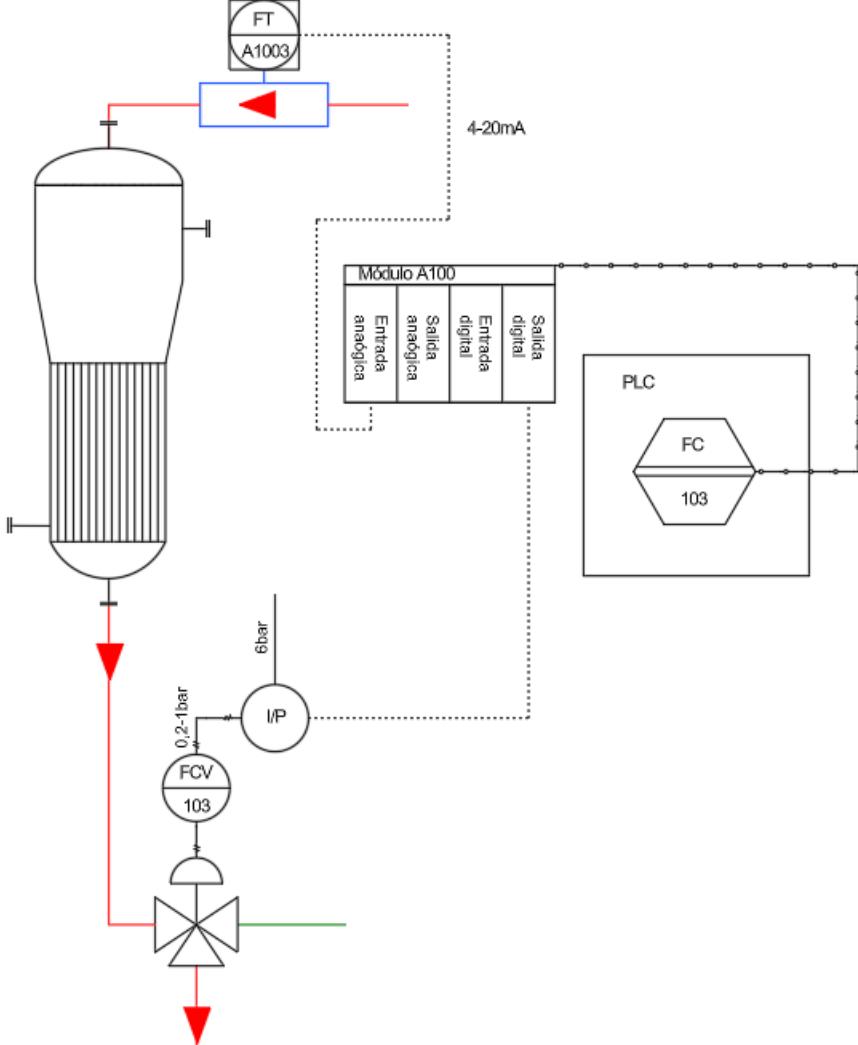
Este lazo es idéntico para los lazos de control de las válvulas tres vías presentes en la entrada del scrubber, donde cuando el caudalímetro detecte caudal proveniente de alguna fuga o emergencia de la rea 100 o 200, la válvula se activará dejando paso hacia el scrubber para la destrucción de estos gases tóxicos.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.46: Especificaciones del lazo de control de las válvulas tres vías automáticas.

F-V101-A1-03 , F-V102-A1-04. F-V101-A1-05, F-V102-A1-06, F-SC301-A3-01, F-SC301-A3-03, F-SC302-A3-02 y F-SC302-A3-04	
Variable controlada	Caudal de vapor
Variable manipulada	Posición de la válvula
Set point	-
Tipo de lazo	Feed forward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.47: Hoja de especificaciones del lazo F-V101-A1-03.

 SynPhos	Diagrama del lazo de control						
	Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025			
Lazos análogos	Lazo:	F-V101-A1-03					
		Componentes del lazo					
F-V102-A1-04 F-V101-A1-05 F-V102-A1-06 F-SC301-A3-01 F-SC301-A3-03 F-SC302-A3-02 F-SC302-A3-04	Caudalímetro: FT-A1003 Válvula de control de caudal: FCV-103 Transductor de intensidad a presión: I/P						
							

c) Apertura de válvulas mediante medición de caudal

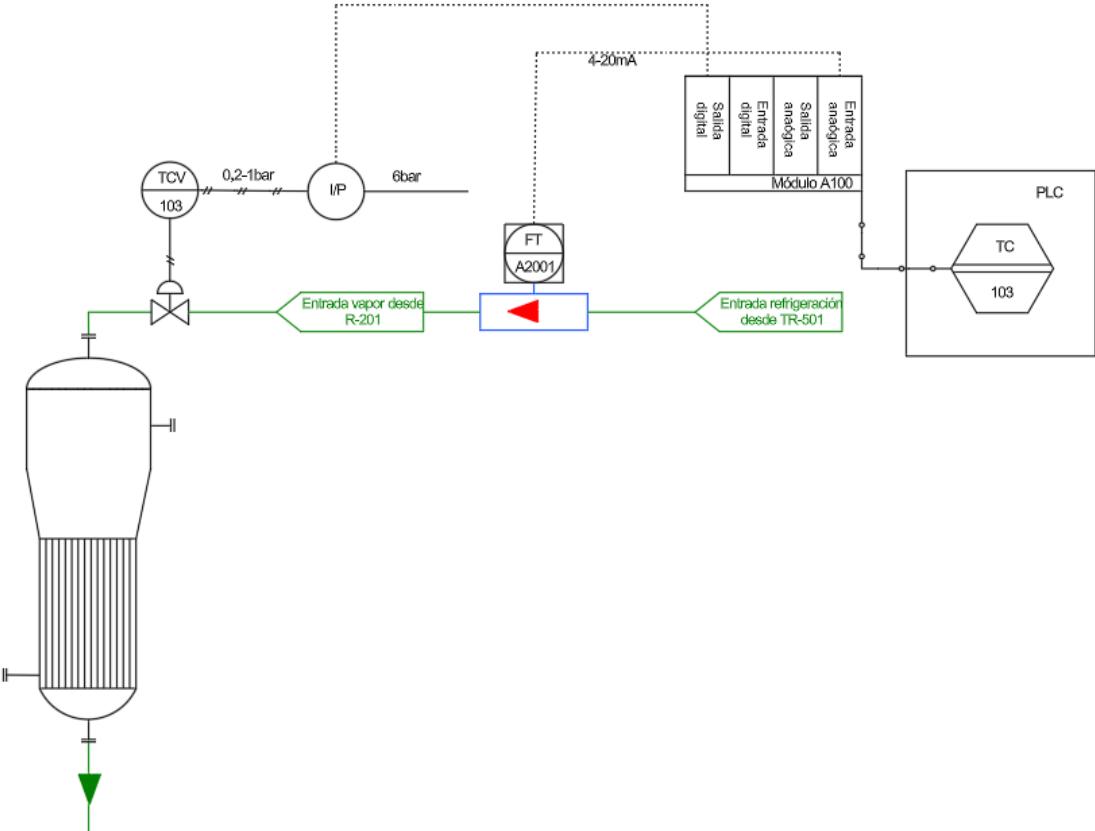
Para el proceso en estado estacionario es necesario abrir una válvula para dejar paso del vapor saliente del reactor hacia el vaporizador, para ello se ha instalado un caudalímetro a la entrada del reactor el cual mandará una señal para abrir la válvula de la línea que entra al vaporizador para que la vaporización se realice con ese corriente en vez de vapor fresco de caldera.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.48: Especificaciones del lazo de control de la apertura de la válvula de recirculación del vapor.

F-V101-A1-07 y F-V102-A1-08	
Variable controlada	Caudal de agua refrigerante
Variable manipulada	Apertura de la válvula
Set point	-
Tipo de lazo	Feed forward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.49: Hoja de especificaciones del lazo F-V101-A1-07.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control							
		Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025				
Lazos análogos	Lazo:	F-V101-A1-07			Componentes del lazo				
	Componentes del lazo								
F-V102-A1-08	Caudalímetro: FT-A2001 Válvula de control de caudal: TCV-103 Transductor de intensidad a presión: I/P								
									

d) Apertura de válvulas mediante medición de presión

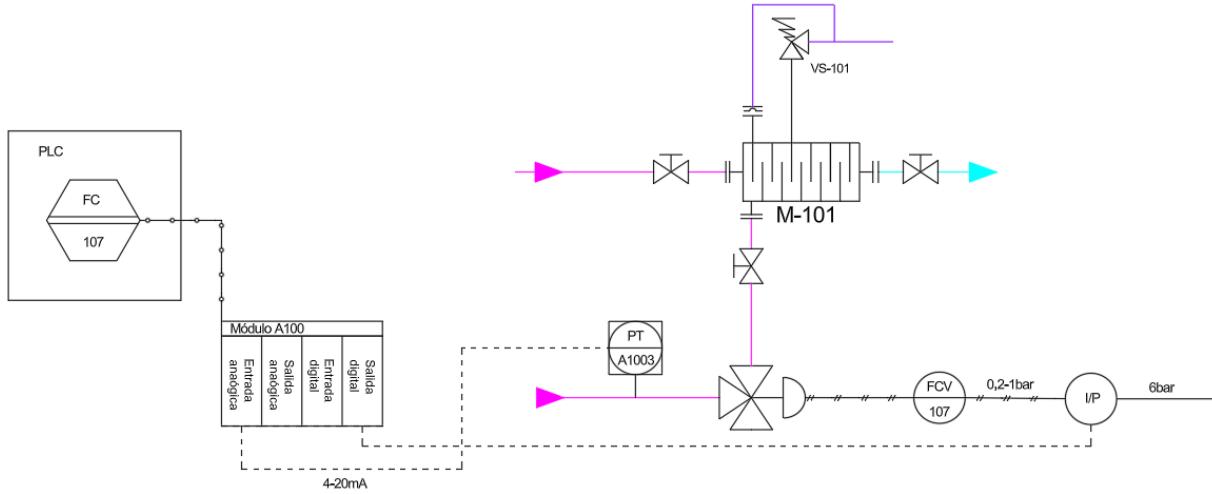
En la puesta en marcha hay que dirigir el caudal de monóxido a través de una válvula de tres vías que normalmente tiene otra posición, para eso se ha conectado un transmisor de presión a la entrada de esa válvula por la línea de la puesta en marcha con la intención que cuando mida presión, se modifique la posición de la válvula tres vías.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.50: Especificaciones del lazo de control de la apertura de la válvula tres vías mediante medición de presión.

F-M101-A1-09 y F-M102-A1-10	
Variable controlada	Presión de la línea
Variable manipulada	Posición de la válvula
Set point	1,5 bar
Tipo de lazo	Feed forward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.51: Hoja de especificaciones del lazo F-M101-A1-09.

 <p>SynPhos</p>		Diagrama del lazo de control							
		Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025				
Lazos análogos	Lazo:	F-M101-A1-09			Componentes del lazo				
	Componentes del lazo								
F-M102-A1-10	Transmisor de presión: PT-A1003 Válvula de control de caudal: FCV-107 Transductor de intensidad a presión: I/P								
									

e) Caudal de monóxido fresco en proceso

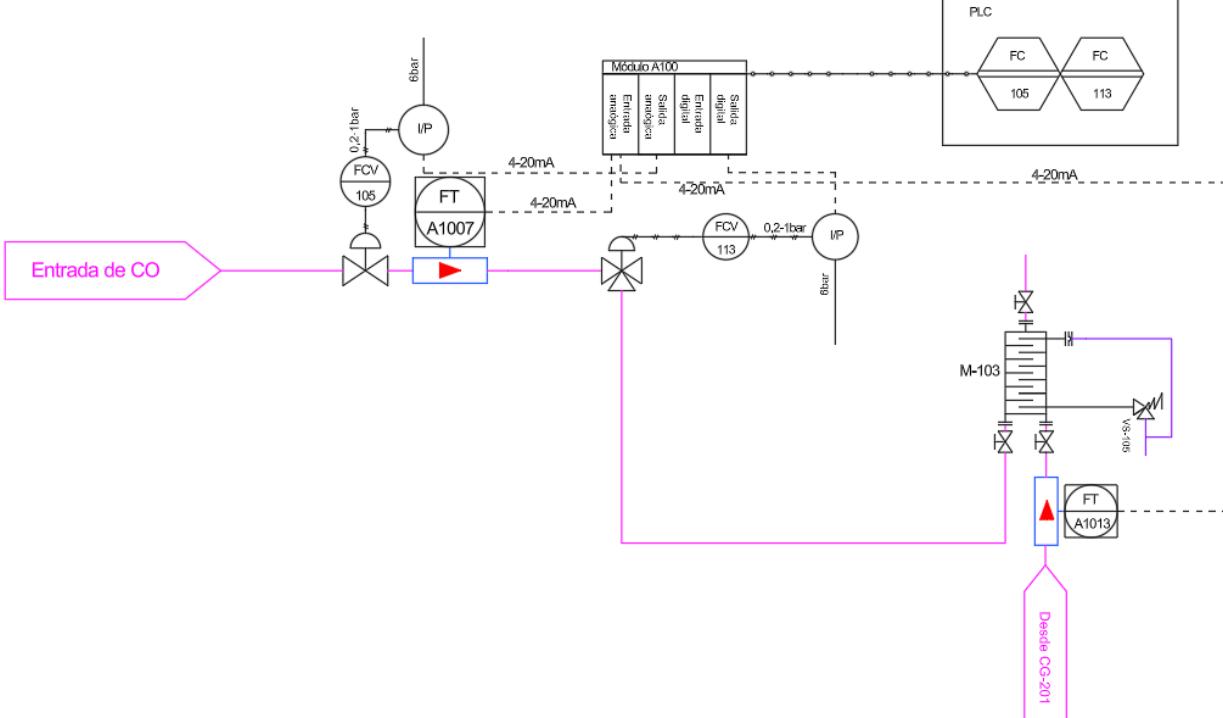
Este lazo de control es de tipo cascada ya que el fin es modificar el setpoint de otro lazo mediante la resta de un setpoint (valor de caudal deseado en la salida del mixer M-103 y M-104) y la medida del caudalímetro del corriente de recirculación de CO. Esta resta sería el nuevo setpoint del lazo de control F-V101-A1-01 y F-V102-A1-02, además el hecho de detectar caudal en el caudalímetro de la línea de monóxido de carbono recirculado activa un cambio de posición de la válvula tres vías.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.52: Especificaciones del lazo de control del caudal de monóxido de carbono en proceso.

F-M103-A1-11 y F-M104-A1-12	
Variable controlada	Caudal de CO fresco
Variable manipulada	Apertura de la válvula
Set point	1500kg/h
Tipo de lazo	Cascada
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.53: Hoja de especificaciones del lazo F-M103-A1-11.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control				
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025	
Lazos análogos	Lazo:	F-M103-A1-11		Componentes del lazo		
	F-M104-A1-12	Caudalímetro: FT-A1007 y FT-A1013 Válvula de control de caudal: FCV-105 y FCV-113 Transductor de intensidad a presión: I/P				
						

f) Encendido de bombas mediante medición de caudal:

Para automatizar el proceso de activación y desactivación de las bombas de circulación, se han conectado los caudalímetros a variadores de frecuencia de las bombas que se encienden al detectar caudal y así hacer que el líquido fluya hacia el siguiente equipo. Un ejemplo es el encendido de la bomba de circulación de la salida del intercambiador HE-103 el cual se enciende al detectar caudal a la salida de este equipo.

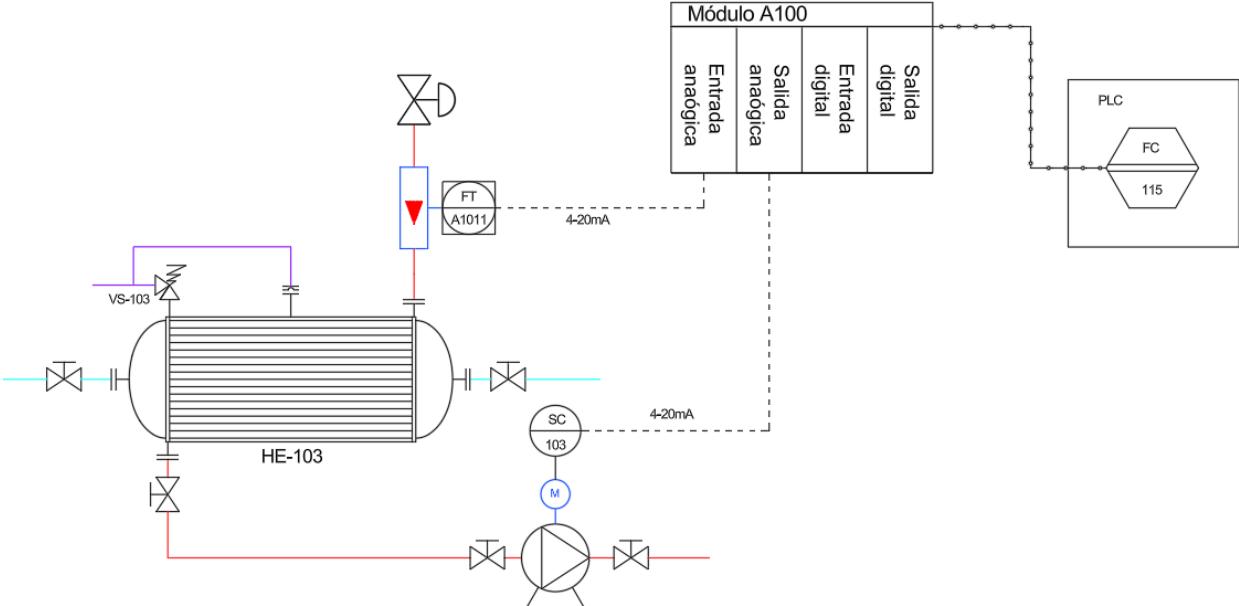
Estos lazos son idénticos en los equipos V-101, V-102, HE-103, HE-104.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.54: Especificaciones del lazo de control de encendido de bombas.

F-HE103-A1-17 y F-HE104-A1-18	
Variable controlada	Caudal de agua
Variable manipulada	Variador de frecuencia de la bomba
Set point	-
Tipo de lazo	Feed forward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.55: Hoja de especificaciones del lazo F-HE103-A1-17.

		Diagrama del lazo de control				
		Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025	
Lazos análogos	Lazo:	F-HE103-A1-17			Componentes del lazo	
		Componentes del lazo				
F-HE104-A1-18		Caudalímetro: FT-A1011 Variador de frecuencia: SC-103				
						

g) Encendido de bombas mediante medición de caudal y apertura de válvula:

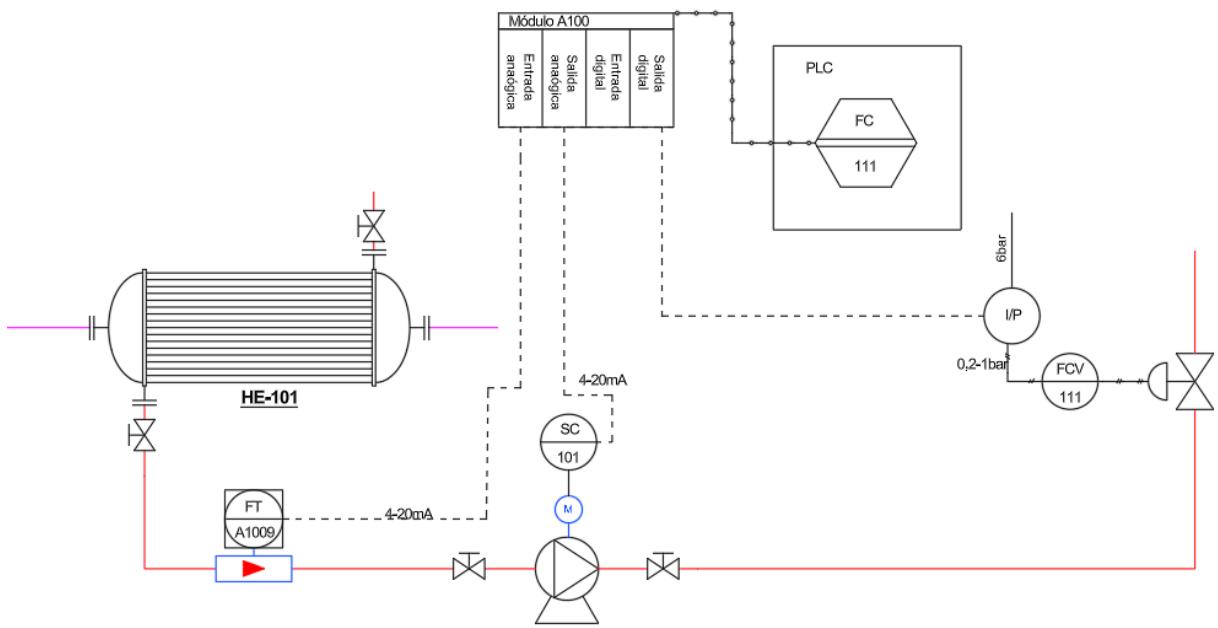
Este lazo es ligeramente diferente al anterior ya que este activa una válvula de control que permite el paso de esta línea. Este lazo solo se sitúa a la salida del intercambiador HE-101 y HE-102 que solo se usa en la puesta en marcha.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.56: Especificaciones del lazo de control de encendido de bombas más válvula.

F-HE101-A1-15 y F-HE102-A1-16	
Variable controlada	Caudal de agua
Variable manipulada	Variador de frecuencia de la bomba
Set point	-
Tipo de lazo	Feed forward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.57: Hoja de especificaciones del lazo F-HE101-A1-15.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control				
		Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025	
Lazos análogos	Lazo:	F-HE101-A1-15			Componentes del lazo	
	Componentes del lazo					
F-HE102-A1-16		Caudalímetro: FT-A1009 Variador de frecuencia: SC-101 Válvula de control de caudal: FCV-111 Transductor de intensidad a presión: I/P				
						

h) Control del caudal de NaOH al 25% a la entrada del scrubber

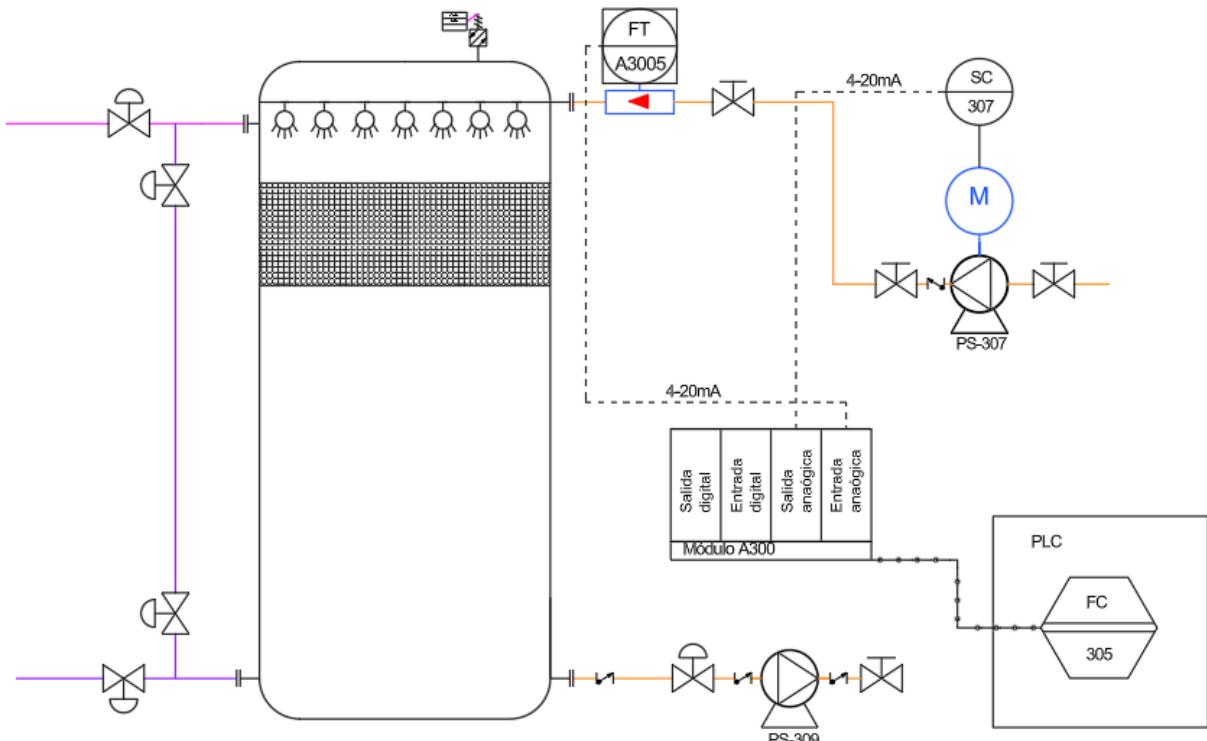
Para hacer circular la solución alcalina hacia el scrubber se utiliza una bomba que está conectada a un caudalímetro, de esta manera se puede controlar el caudal exacto que entra en el scrubber el cual se puede modificar dependiendo de las especificaciones que quiera el usuario.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.58: Especificaciones del lazo de control de encendido de bombas.

F-HE103-A1-17 y F-HE104-A1-18	
Variable controlada	Caudal de solución alcalina
Variable manipulada	Variador de frecuencia de la bomba
Set point	1941kg/h
Tipo de lazo	Feed back
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.59: Hoja de especificaciones del lazo F-HE103-A1-17.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control							
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits-Tarragona	Fecha:	02/01/2025				
Lazos análogos	Lazo:	F-HE103-A1-17			Componentes del lazo				
	Componentes del lazo								
F-HE104-A1-18	Caudalímetro: FT-A3005 Variador de frecuencia: SC-1307								
									

3.10.4 Control de concentraciones de gas

Para obtener un corriente suficientemente puro en la salida de gases del scrubber se ha instalado dos sensores que miden la concentración (CT) tanto de cloro como de fosgeno los cuales, si se detecta más de una cierta cantidad de ppm, se abren una serie de válvulas para recircular ese corriente y disminuir ese excedente de impurezas.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

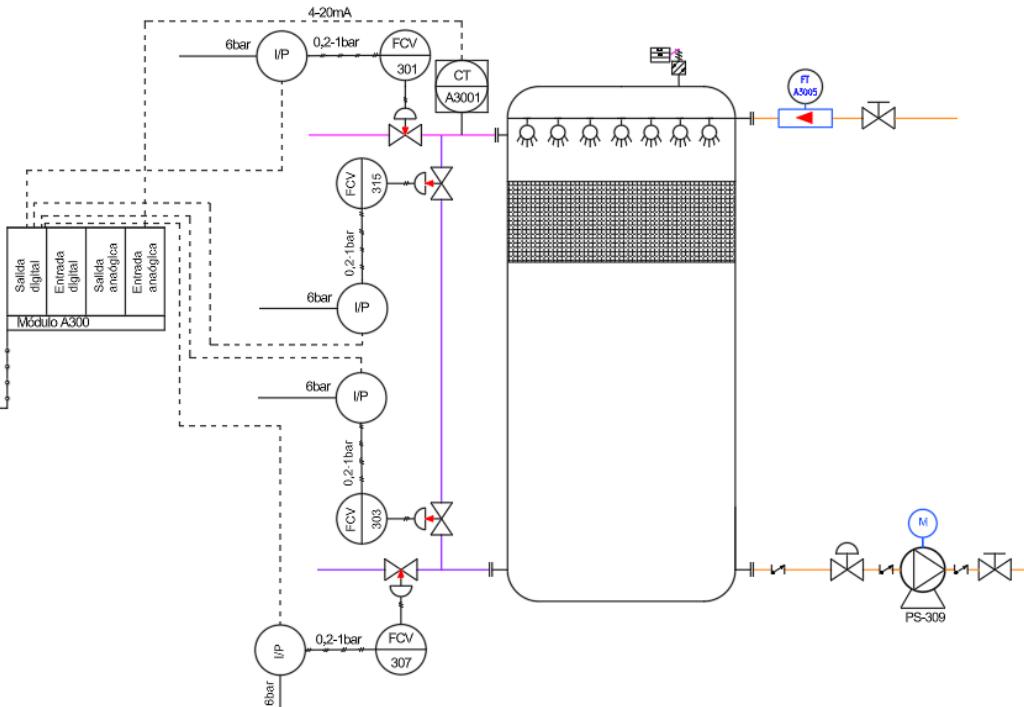
Tabla 3.60: Especificaciones del lazo de control de detección de cloro.

C-SC301-A3-01 y C-SC302-A3-02	
Variable controlada	Concentración de Cloro
Variable manipulada	Caudal de gases
Set point	50ppm
Tipo de lazo	Feedforward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.61: Especificaciones del lazo de control de detección de fosgeno.

C-SC301-A3-03 y C-SC302-A3-04	
Variable controlada	Concentración de fosgeno
Variable manipulada	Caudal de gases
Set point	30ppm
Tipo de lazo	Feedforward
Alarmas	-
Setpoint	-

Tabla 3.62: Hoja de especificaciones del lazo C-SC301-A3-01.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control										
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits -Tarragona	Fecha:	02/01/2025							
Lazos análogos	Lazo:		C-SC301-A3-01									
	Componentes del lazo											
C-SC302-A3-02 C-SC301-A3-03 C-SC302-A3-04 <p>Transmisor de concentración de gas: CT-A3001 Válvula de control de caudal: FCV-101, FCV-303, FCV-307, FCV-315 Transductor de intensidad a presión: I/P</p>												
												

3.10.5 Control de nivel

a) Nivel de líquido en el scrubber

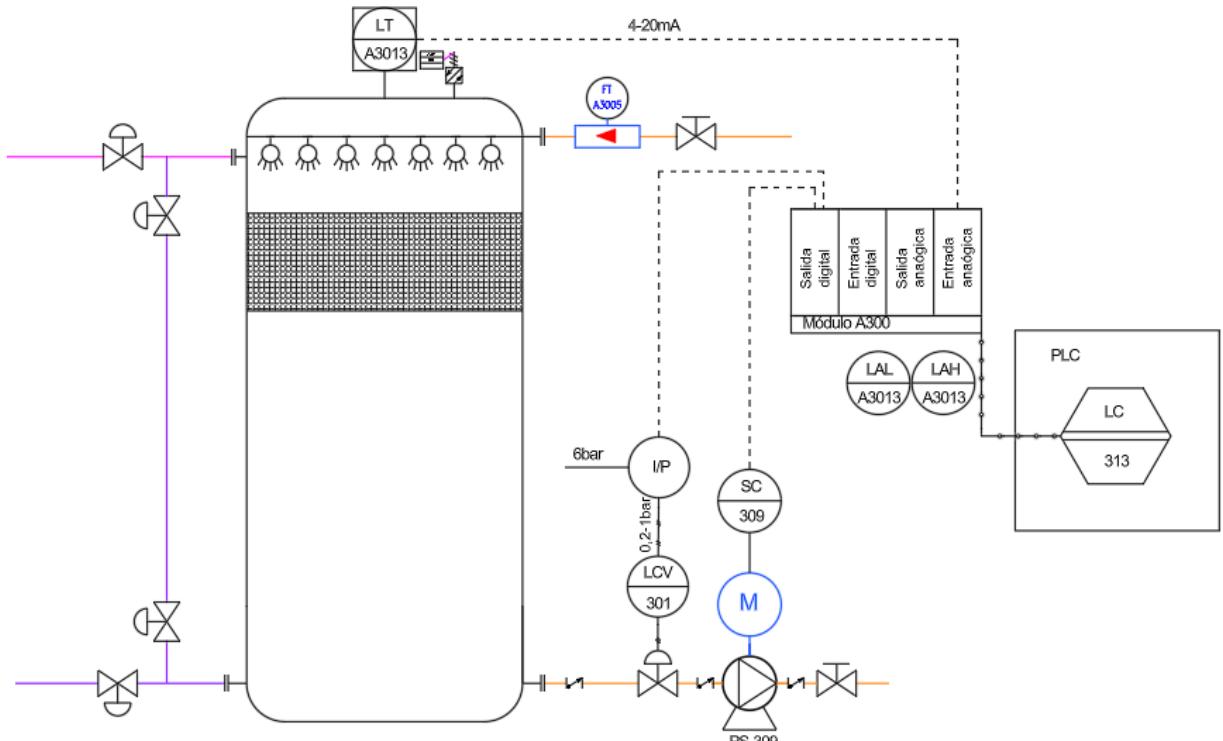
Para controlar el nivel de líquido en el scrubber se ha instalado un controlador de nivel el cual se comunica con una bomba que extrae el líquido del scrubber al saltar la alarma de nivel alto, además esta alarma también activa una válvula de control que permite la salida del fluido del scrubber. Este sistema se para cuándo salte la alarma de nivel de líquido bajo.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.63: Especificaciones del lazo de control de nivel del scrubber.

L-SC301-A3-13 y L-SC302-A3-14	
Variable controlada	Nivel del scrubber
Variable manipulada	Caudal de líquido
Set point	90% del volumen máximo
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	LAH-A3013 LAL-A3013
Setpoint	90% del volumen máximo-10% del volumen máximo

Tabla 3.64: Hoja de especificaciones del lazo L-SC301-A3-13.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control				
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits -Tarragona	Fecha:	02/01/2025	
Lazos análogos	Lazo:	L-SC301-A3-13				
	Componentes del lazo					
L-SC302-A3-14		Transmisor nivel: LT-A3013 Alarmas de nivel alto y bajo: LAH-A3013, LAL-A3013 Válvula de control de nivel: LCV-301 Transductor de intensidad a presión: I/P Variador de frecuencia: SC-309				
						

b) Nivel de líquido en los depósitos de residuos

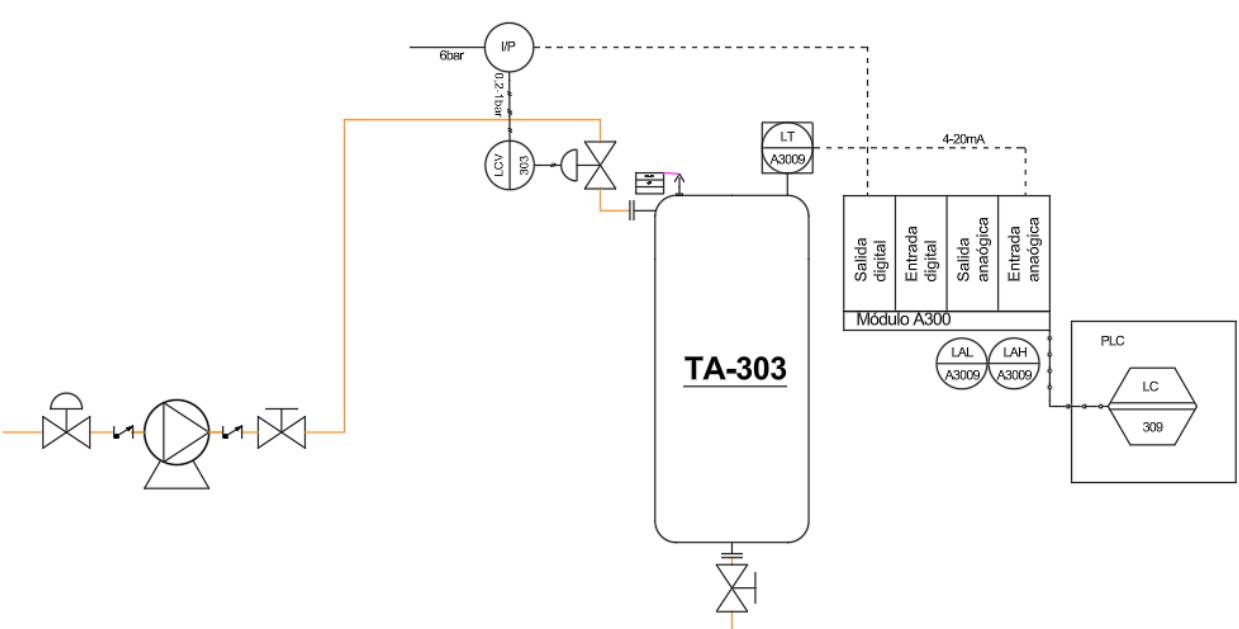
Para el control del llenado de los depósitos de residuos TA-303, TA-304, TA-305 y TA-306, se ha instalado un control de nivel el cual cierra la válvula de entrada al tanque cuando se activa la alarma de nivel alto y se abre cuando se activa la alarma de nivel bajo.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.65: Especificaciones del lazo de control de nivel de los depósitos de residuos.

L-TA303-A3-09, L-TA304-A3-10, L-TA305-A3-11 y L-TA306-A3-12	
Variable controlada	Nivel del depósito
Variable manipulada	Posición de la válvula
Set point	100% volumen máximo
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	LAH-A3009 LAL-A3009
Setpoint	100% volumen máximo y 10% del volumen máximo

Tabla 3.66: Hoja de especificaciones del lazo L-TA303-A3-09.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control				
		Ubicación:	Polígon dels Satèl·lits -Tarragona	Fecha:	02/01/2025	
Lazos análogos	Lazo:	L-TA303-A3-09			Componentes del lazo	
	Componentes del lazo					
L-TA304-A3-10 L-TA305-A3-11 L-TA306-A3-12		Transmisor nivel: LT-A3009 Alarmas de nivel alto y bajo: LAH-A3009, LAL-A3009 Válvula de control de nivel: LCV-303 Transductor de intensidad a presión: I/P				
						

d) Nivel de líquido en los depósitos de NaOH 25%

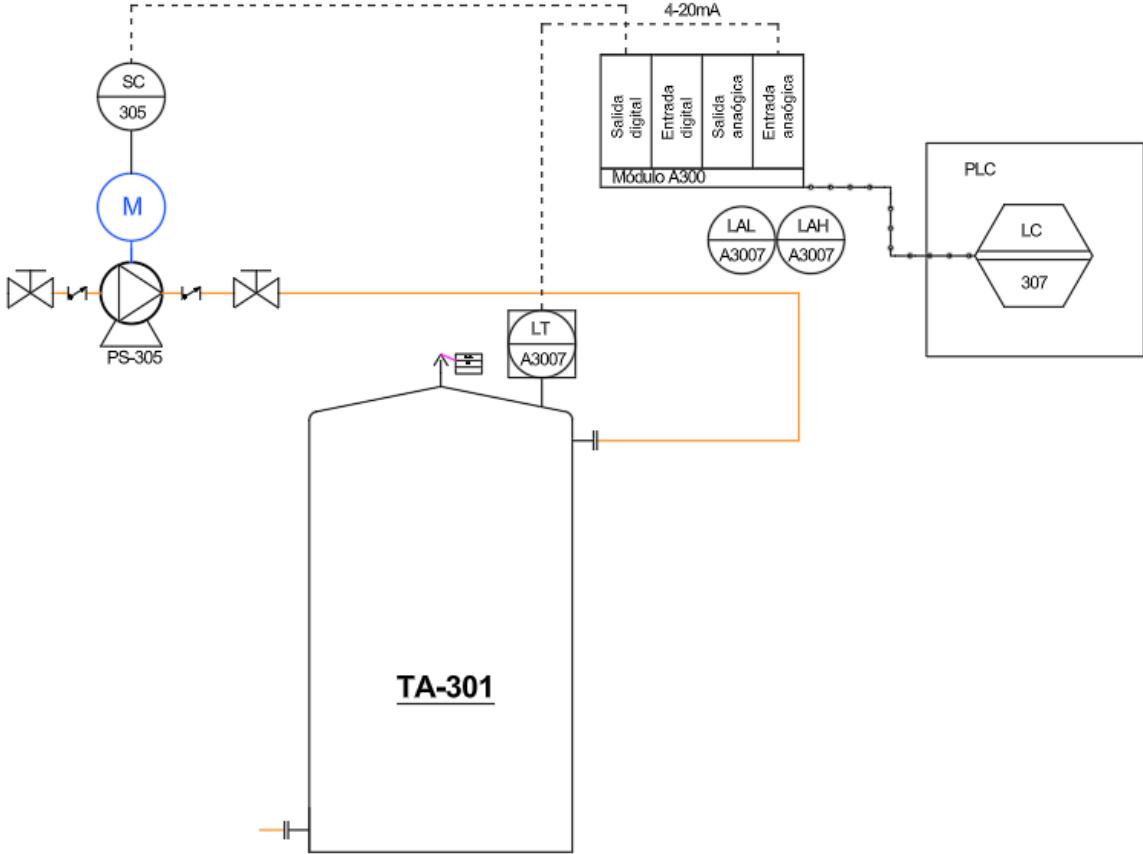
Para automatizar el llenado del depósito de la solución alcalina para el scrubber i con la finalidad de siempre tener cierto volumen de operación, se ha instalado un control de nivel en el tanque el cual cuando salta la alarma de nivel bajo, se activa el motor de la bomba para su llenado, además al saltar la alarma, desde la sala de control, se acciona la apertura de la válvula de control de la salida del mezclador que tenga la solución preparada. Este sistema se detiene al saltar la alarma de nivel máximo.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.67: Especificaciones del lazo de control de nivel de los depósitos NaOH 25%.

L-TA301-A3-07 y L-TA302-A3-08	
Variable controlada	Nivel del depósito
Variable manipulada	Caudal de líquido
Set point	20% volumen máximo
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	LAH-A3007 LAL-A3007
Setpoint	100% volumen máximo y 20% del volumen máximo

Tabla 3.68: Hoja de especificaciones del lazo L-TA301-A3-07.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control							
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits -Tarragona	Fecha:	02/01/2025				
Lazos análogos	Lazo:	L-TA301-A3-07			Componentes del lazo				
	Componentes del lazo								
L-TA302-A3-08	Transmisor nivel: LT-A3007 Alarmas de nivel alto y bajo: LAH-A3007, LAL-A3007 Variador de frecuencia: SC-305								
									

a) Nivel de líquido en los depósitos de agua descalcificada

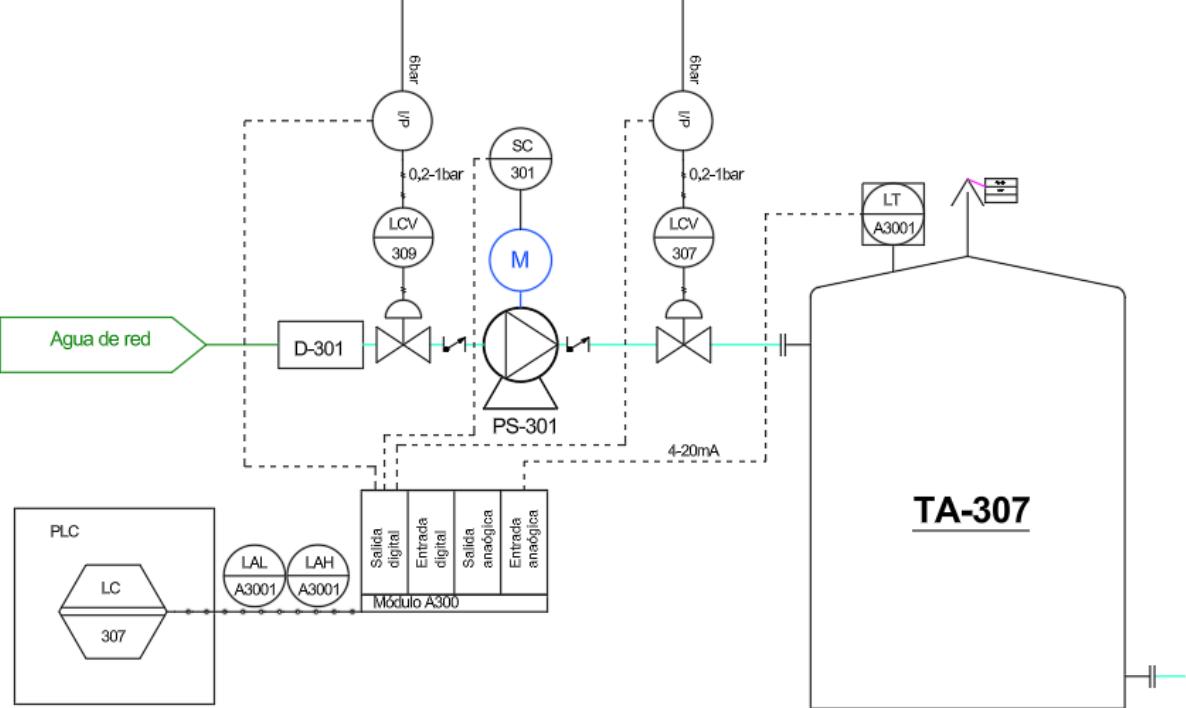
Para automatizar y tener siempre a disposición agua descalcificada para realizar las disoluciones de NaOH al 25%, para ello se ha instalado un sistema de control de nivel conectado a un variador de frecuencia de una bomba y a dos válvulas de control que permiten el paso del agua de red por un descalcificador y llenar el depósito hasta que salte la alarma de nivel alto.

A continuación, se detallan los lazos de control con sus características y una hoja de especificaciones del lazo:

Tabla 3.69: Especificaciones del lazo de control de nivel de los depósitos NaOH 25%.

L-TA307-A3-01 y L-TA308-A3-02	
Variable controlada	Nivel del depósito
Variable manipulada	Caudal de líquido
Set point	30% volumen máximo
Tipo de lazo	Feedback
Alarmas	LAH-A3001 LAL-A3001
Setpoint	100% volumen máximo y 30% del volumen máximo

Tabla 3.70: Hoja de especificaciones del lazo L-TA303-A3-09.

 SynPhos		Diagrama del lazo de control				
		Ubicación:	Polígono dels Satèl·lits -Tarragona	Fecha:	02/01/2025	
Lazos análogos	Lazo:	L-TA303-A3-09				
	Componentes del lazo					
L-TA308-A3-02		Transmisor nivel: LT-A3001 Alarmas de nivel alto y bajo: LAH-A3001, LAL-A3001 Variador de frecuencia: SC-301 Válvula de control de nivel: LCV-309, LCV-307 Transductor de intensidad a presión: I/P				
						

3.11. Bibliografía

1. Prosolutions. “*Los sistemas de control en la industria química. Prosolutions*”:
<https://prosolutions-int.com/2022/11/04/los-sistemas-de-control-en-la-industria-quimica/>
2. Tablero al parque. “*SIMBOLOGÍA Y DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN: NORMAS ISA*”:
https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/2_diagramas_p_id.pdf
3. UPO - Universidad Pablo de Olavide. (s.f.). “*Diseño de un nuevo método de control y detección de fosgeno*”:
<https://www.upo.es/upotec/catalogo/quimica-y-materiales/diseno-de-un-nuevo-metodo-de-control-y-deteccion-d/>
4. Picuino. “*Control PID*”:
<https://www.picuino.com/es/control-pid.html>
5. Boghossian, A., Brown, J., & Zak, S. “*P, I, D, PI, PD, and PID control. En Chemical Process Dynamics and Controls*”. Recuperado bajo licencia CC BY 3.0, de:
<https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/chemical-process-dynamics-and-controls>
6. Siemens. “*SIMATIC S7-1500 - Controladores para automatización industrial*”:
<https://www.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sistemas/simatic/controladores-simatic/simatic-s7-1500.html>
7. Siemens. “*Sensor SITRANS TS100 para medición de temperatura*”:
<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/temperature-measurement/sensor-sitrans-ts100.html>
8. Siemens. “*7MC7111 - Sensor de presión SITRANS P*”:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Search?searchTerm=7MC7111&tab=Product>
9. GMS Instruments. “*SITRANS P300 - Transmisor de presión inteligente*”:
<https://gms-instruments.com/es/product/sitrans-p300/>
10. Endress+Hauser. “*Cerabar PMP71B - Transmisor de presión para mediciones de alta precisión*”:
<https://www.us.endress.com/en/field-instruments-overview/pressure/pressure-transmitter-cerabar-pmp71b?t.tabId=product-overview>
11. Siemens. “*Medición de flujo con tecnología de vórtice*”:
<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/flow-measurement/vortex.html>
12. VIRAZE, *Detector de fosgeno Fijo en línea*:

<https://www.amazon.es/VIRAZE-Detector-fosgeno-Alarma-monitoreo/dp/B0CLVN6V4N?th=1>

13. Siemens. “Adiciones a la documentación del S7-1500/ET 200MP”:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/815/68052815/att_897305/v1/s71500_et200mp_product_information_es-ES_es-ES.pdf

14. Parmley Graham, “SIMATIC S7-1500”:

<https://www.parmley-graham.co.uk/automation/siemens/io-systems-for-in-cabinets/et200mp/6ES7521-1BL00-0AB0>